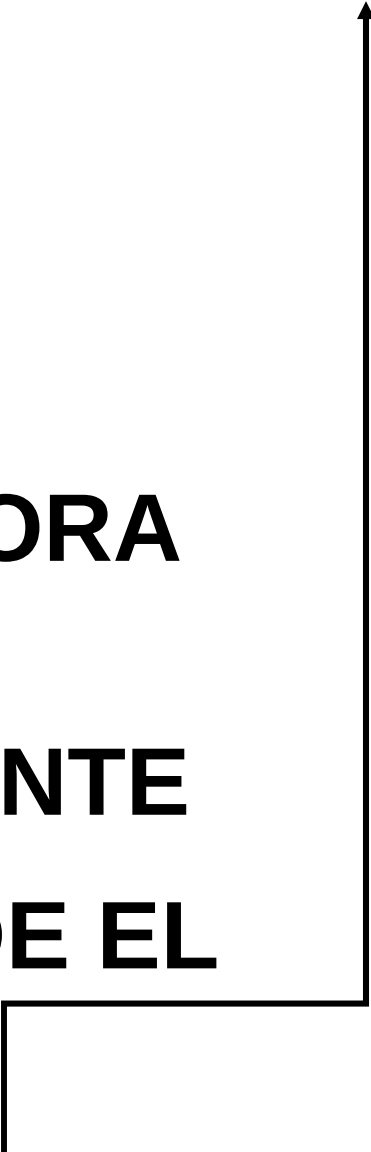


**HOJA SEPARADORA  
DEJADA  
INTENCIONALMENTE  
LE CORRESPONDE EL  
FOLIO**



**Proyecto Mina de Cobre Panamá**

**ANEXO VII**

**Línea Base de Oceanografía**

**Enviado a:**

**Minera Panamá S.A.**

**Setiembre 2010**

**07-1334-0018**



## TABLA DE CONTENIDO

| <b><u>SECCIÓN</u></b>                                                                                                     | <b><u>PÁGINA</u></b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1 INTRODUCCIÓN .....                                                                                                      | 1                    |
| 1.1 OBJETIVOS.....                                                                                                        | 2                    |
| 1.2 ÁREAS DE ESTUDIO.....                                                                                                 | 2                    |
| 2 METODOLOGÍA .....                                                                                                       | 4                    |
| 2.1 BATIMETRÍA Y EL FONDO MARINO .....                                                                                    | 4                    |
| 2.1.1 Fuentes de Datos.....                                                                                               | 4                    |
| 2.1.2 Datos Recolectados para la Línea Base .....                                                                         | 5                    |
| 2.1.2.1 Mediciones Batimétricas con Perfilador Acústico Doppler<br>Montado en Bote .....                                  | 5                    |
| 2.2 MAREAS Y NIVELES DE AGUA .....                                                                                        | 9                    |
| 2.2.1 Fuentes de Datos.....                                                                                               | 9                    |
| 2.2.2 Datos Recolectados para la Línea Base .....                                                                         | 9                    |
| 2.2.2.1 Mediciones del Nivel de Agua por el Perfilador Acústico Doppler<br>Montado en la Parte Inferior del Bote .....    | 9                    |
| 2.3 CORRIENTES MARINAS .....                                                                                              | 12                   |
| 2.3.1 Fuentes de Datos.....                                                                                               | 12                   |
| 2.3.2 Datos Recolectados para la Línea Base .....                                                                         | 12                   |
| 2.3.2.1 Mediciones Tomadas por el Perfilador Acústico de Corrientes<br>Hopper Montado en el Bote .....                    | 12                   |
| 2.3.2.2 Implementación de Medidores de corrientes .....                                                                   | 12                   |
| 2.3.2.3 Mediciones Tomadas por el Perfilador Acústico de Corrientes<br>Doppler Montado en la Parte Inferior del Bote..... | 13                   |
| 2.4 VIENTOS .....                                                                                                         | 14                   |
| 2.4.1 Fuentes de Datos.....                                                                                               | 14                   |
| 2.4.2 Datos Recolectados para la Línea Base .....                                                                         | 14                   |
| 2.5 OLEAJE .....                                                                                                          | 14                   |
| 2.5.1 Fuentes de Datos.....                                                                                               | 14                   |
| 2.5.2 Datos Recolectados para la Línea Base .....                                                                         | 15                   |
| 2.5.2.1 Mediciones con Perfilador Acústico de Corrientes Doppler<br>Montado en la parte Inferior de un Bote .....         | 15                   |
| 2.5.2.2 Modelamiento Hidrodinámico .....                                                                                  | 16                   |
| 2.6 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS COSTEROS.....                                                                                | 16                   |
| 2.6.1 Fuentes de Datos.....                                                                                               | 16                   |
| 2.6.2 Datos Recolectados para la Línea Base .....                                                                         | 16                   |
| 2.6.2.1 Sedimentos de Playa.....                                                                                          | 16                   |
| 2.6.2.2 Sedimentos de Estuario.....                                                                                       | 17                   |
| 2.6.2.3 Evaluación Geomorfología Costera .....                                                                            | 17                   |
| 2.7 TEMPERATURA Y SALINIDAD DEL AGUA MARINA.....                                                                          | 19                   |
| 2.7.1 Fuentes de Datos.....                                                                                               | 19                   |

|         |                                                                                       |    |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.7.2   | Datos Recolectados para la Línea Base .....                                           | 20 |
| 2.8     | CALIDAD DEL AGUA MARINA Y ESTUARINA .....                                             | 23 |
| 2.8.1   | Fuentes de Datos.....                                                                 | 23 |
| 2.8.2   | Datos Recolectados para la Línea Base .....                                           | 23 |
| 2.9     | CALIDAD DE SEDIMENTOS MARINOS Y DE ESTUARIO .....                                     | 26 |
| 2.9.1   | Fuentes de Datos.....                                                                 | 26 |
| 2.9.2   | Datos Recolectados para la Línea Base .....                                           | 26 |
| 2.10    | INTRUSIÓN SALINA DEL ESTUARIO .....                                                   | 26 |
| 2.10.1  | Fuentes de Dates.....                                                                 | 26 |
| 2.10.2  | Datos Recolectados para la Línea Base .....                                           | 26 |
| 3       | ANÁLISIS Y RESULTADOS .....                                                           | 28 |
| 3.1     | BATIMETRÍA Y EL FONDO MARINO .....                                                    | 28 |
| 3.1.1   | Resumen de la Revisión de las Publicaciones.....                                      | 28 |
| 3.1.2   | Resultados de Campo.....                                                              | 28 |
| 3.1.3   | Análisis e Interpretación.....                                                        | 28 |
| 3.2     | MAREAS Y NIVELES DE AGUA.....                                                         | 31 |
| 3.2.1   | Resumen de la Revisión de las Publicaciones.....                                      | 31 |
| 3.2.2   | Resultados de Campo.....                                                              | 32 |
| 3.2.3   | Análisis e Interpretación.....                                                        | 32 |
| 3.3     | CORRIENTES MARINAS .....                                                              | 33 |
| 3.3.1   | Resumen de la Revisión de las Publicaciones.....                                      | 33 |
| 3.3.2   | Resultados de Campo.....                                                              | 35 |
| 3.3.2.1 | Corrientes Medidas en Enero del 2008 .....                                            | 35 |
| 3.3.2.2 | Corrientes Medidas en Junio del 2008 .....                                            | 44 |
| 3.3.3   | Análisis e Interpretación.....                                                        | 54 |
| 3.4     | VIENTOS.....                                                                          | 54 |
| 3.4.1   | Resumen de la Revisión de las Publicaciones.....                                      | 54 |
| 3.4.2   | Resultados de Campo.....                                                              | 55 |
| 3.4.2.1 | Datos de Viento Enero 2008.....                                                       | 55 |
| 3.4.2.2 | Datos de Viento Junio 2008.....                                                       | 55 |
| 3.4.3   | Análisis e Interpretación.....                                                        | 57 |
| 3.5     | OLEAJE.....                                                                           | 58 |
| 3.5.1   | Resumen de la Revisión de las Publicaciones.....                                      | 58 |
| 3.5.1.1 | Análisis del Oleaje por Sandwell.....                                                 | 58 |
| 3.5.1.2 | Análisis de las Condiciones en el Pasado Registradas por<br>NOAA Wave Watch III ..... | 59 |
| 3.5.2   | Resultados de Campo.....                                                              | 61 |
| 3.5.3   | Simulación de las Condiciones Típicas.....                                            | 66 |
|         | Condiciones de Tormenta .....                                                         | 66 |
|         | Condiciones de Calma .....                                                            | 66 |
| 3.5.4   | Análisis e Interpretación.....                                                        | 66 |
| 3.6     | TRANSPORTE DE SEDIMENTOS COSTEROS.....                                                | 71 |
| 3.6.1   | Resumen de la Revisión de las Publicaciones.....                                      | 71 |

|          |                                                                                        |     |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.6.2    | Resultados de Campo.....                                                               | 71  |
| 3.6.2.1  | Inclinación de la Playa.....                                                           | 76  |
| 3.6.2.2  | Muestreo de Sedimentos Costeros.....                                                   | 76  |
| 3.6.2.3  | Muestreo de Sólidos Totales Suspendidos en la Zona de<br>Corrientes Superficiales..... | 80  |
| 3.6.3    | Análisis e Interpretación.....                                                         | 80  |
| 3.7      | TEMPERATURA Y SALINIDAD DE AGUA MARINA .....                                           | 82  |
| 3.7.1    | Resumen de la Revisión de las Publicaciones.....                                       | 82  |
| 3.7.2    | Resultados de Campo.....                                                               | 83  |
| 3.7.3    | Análisis e Interpretación.....                                                         | 88  |
| 3.8      | CALIDAD DE AGUA MARINA Y ESTUARINA .....                                               | 89  |
| 3.8.1    | Resumen de la Revisión de las Publicaciones.....                                       | 89  |
| 3.8.2    | Resultados de Campo.....                                                               | 90  |
| 3.8.2.1  | Agua de Mar – Datos de Campo de Enero del 2008 .....                                   | 90  |
| 3.8.2.2  | Agua de Mar – Datos de Campo de Junio del 2008 .....                                   | 91  |
| 3.8.3    | Calidad de Agua del Estuario.....                                                      | 91  |
| 3.8.3.1  | Estuario – Datos de Campo Enero 2008 .....                                             | 91  |
| 3.8.3.2  | Estuario – Datos de Campo de Junio del 2008.....                                       | 92  |
| 3.8.4    | Análisis e Interpretación.....                                                         | 92  |
| 3.8.4.1  | Calidad de Agua Marina .....                                                           | 92  |
| 3.8.4.2  | Calidad de Agua del Estuario .....                                                     | 92  |
| 3.9      | CALIDAD SEDIMENTOS MARINOS Y DE LOS ESTUARIOS.....                                     | 93  |
| 3.9.1    | Resumen de la Revisión de las Publicaciones.....                                       | 93  |
| 3.9.2    | Resultados de Campo.....                                                               | 93  |
| 3.9.2.1  | Calidad de los Sedimentos Marinos .....                                                | 93  |
| 3.9.2.2  | Calidad de los Sedimentos de los Estuarios.....                                        | 94  |
| 3.9.3    | Análisis e Interpretación.....                                                         | 94  |
| 3.10     | INTRUSIÓN SALINA DEL ESTUARIO .....                                                    | 95  |
| 3.10.1   | Resumen de la Revisión de las Publicaciones.....                                       | 95  |
| 3.10.2   | Resultados de Campo.....                                                               | 95  |
| 3.10.2.1 | Investigación de la Cuña de Sal del Río Caimito .....                                  | 96  |
| 3.10.3   | Análisis e Interpretación.....                                                         | 101 |
| 4        | RESUMEN.....                                                                           | 102 |
| 5        | BIBLIOGRAFÍA.....                                                                      | 106 |

### LISTA DE TABLAS

|            |                                                                                                      |    |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 3-1  | Márgenes de Marea y Nivel Medio del Agua para Colón, Panamá .....                                    | 31 |
| Tabla 3-2  | Resumen de Viento, Oleajes y Corrientes Observados del 10 al 16 Enero 2008 .....                     | 37 |
| Tabla 3-3  | Resumen de Viento, Oleaje y Corrientes Observados del 17 al 20 de Junio del 2008 .....               | 44 |
| Tabla 3-4  | Alturas Máximas Significativas Proyectadas de las Olas (Según datos de NOAA WWII).....               | 60 |
| Tabla 3-5  | Resumen de las Mediciones de las Olas.....                                                           | 61 |
| Tabla 3-6  | Mediciones de la Inclinación de la Playa .....                                                       | 77 |
| Tabla 3-7  | Datos de las Muestras de Sedimentos de la Playa .....                                                | 79 |
| Tabla 3-8  | Datos de las Muestras de Sedimentos de los Bancos en la Boca de la Bahía .....                       | 80 |
| Tabla 3-9  | Resultados del Total de Sólidos Suspendidos en Agua Marina (Muestras Tomadas el 16 Enero 2008) ..... | 81 |
| Tabla 3-10 | Proyecciones de Temperatura de Aguas Profundas en la Cuenca Colombiana.....                          | 82 |
| Tabla 3-11 | Valores Medio de las Variables de Agua Medidos Semanalmente en el Punto San Blas .....               | 84 |
| Tabla 3-12 | Resumen de las Temperaturas y Salinidades del Agua Medidas .....                                     | 85 |
| Tabla 3-13 | Resumen de Datos Sobre Calidad de Sedimentos para la Costa Caribeña de Panamá y Costa Rica .....     | 93 |
| Tabla 3-14 | Resumen de las Mediciones de Descarga del Río durante el Programa de Campo de Enero del 2008.....    | 96 |

## LISTA DE FIGURAS

|             |                                                                                                                                                                                   |    |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1-1  | Mar Caribe y Costa Norte de Panamá.....                                                                                                                                           | 1  |
| Figura 1-2  | Áreas de Estudio de Oceanografía.....                                                                                                                                             | 3  |
| Figure 2-1  | Montaje en el Bote del Perfilador Acústico de Corrientes<br>Doppler y de la Unidad Cinemática en Tiempo Real.....                                                                 | 7  |
| Figura 2-2  | Montaje Estación Base de Perfilador Acústico de Corrientes<br>Doppler y Unidad Cinemática en Tiempo Real.....                                                                     | 8  |
| Figura 2-3  | Localización de los Perfiladores Acústicos de Corrientes<br>Doppler.....                                                                                                          | 11 |
| Figura 2-4  | Localización de los Sitios de Muestreo Marino.....                                                                                                                                | 18 |
| Figura 2-5  | Localización de los Sitios de Muestreo de Temperatura y<br>Salinidad.....                                                                                                         | 21 |
| Figura 3-1  | Batimetría del Área de Estudio Mar Adentro .....                                                                                                                                  | 29 |
| Figura 3-2  | Batimetría del Área de Punta Rincón .....                                                                                                                                         | 30 |
| Figura 3-3  | Comparación de las Elevaciones de Marea Previstas con Base<br>al Modelo MIKE 21 y Niveles del Agua Medidos en Punta<br>Rincón en Enero 2008.....                                  | 33 |
| Figura 3-4  | Comparación de las Elevaciones Previstas de Marea del<br>Modelo MIKE 21 y los Niveles de Agua Medidos en Punta<br>Rincón en Junio del 2008 .....                                  | 34 |
| Figura 3-5  | Corrientes a Gran Escala en el Mar Caribe.....                                                                                                                                    | 35 |
| Figura 3-6  | Medidas de Velocidad - 0 a 13 Metros de Profundidad - 11 de<br>Enero del 2008 .....                                                                                               | 38 |
| Figura 3-7  | Medidas de Velocidad - 13 a 28 Metros de Profundidad - 11 de<br>Enero del 2008 .....                                                                                              | 39 |
| Figura 3-8  | Medidas de Velocidad - 28 a 43 Metros de Profundidad - 11 de<br>Enero del 2008 .....                                                                                              | 40 |
| Figura 3-9  | Perfil de la Dirección de la Corriente a lo largo de la Sección<br>Transversal 2- Enero 11, 2008 (0° es el Norte y 90° es el Este) .....                                          | 41 |
| Figura 3-10 | Medidas de Velocidad - 0 a 7 Metros y de 7 a 32 Metros de<br>Profundidad - 16 de Enero del 2008.....                                                                              | 42 |
| Figura 3-11 | Perfil de la Dirección de la Corriente a lo Largo de la Sección<br>Transversal 2 - Enero 16, 2008 (0° es el Norte y 90° es el Este) .....                                         | 43 |
| Figura 3-12 | Corrientes en el Sitio del Proyecto de Punta Rincón, Medidas<br>en Enero del 2008 por el Perfilador Acústico de Corrientes<br>Doppler Montado en la Parte Inferior del Bote ..... | 45 |
| Figura 3-13 | Medidas de Velocidad - 0 a 18 Metros de Profundidad - 19 de<br>Junio del 2008 .....                                                                                               | 46 |
| Figura 3-14 | Medidas de Velocidad - 18 a 41 Metros de Profundidad - 19 de<br>Junio del 2008 .....                                                                                              | 47 |
| Figura 3-15 | Estela del Medidor de Corrientes - 18 de Junio del 2008.....                                                                                                                      | 49 |
| Figura 3-16 | Estela del Medidor de Corrientes - 19 de Junio del 2008.....                                                                                                                      | 50 |

|             |                                                                                                                                                                                                   |     |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 3-17 | Velocidad y Dirección de la Corriente Medida en Punta Rincón por un Perfilador Acústico de Corriente Doppler .....                                                                                | 51  |
| Figura 3-18 | Velocidad y Dirección de la Corriente Medida al Oeste por un Perfilador Acústico de Corriente Doppler .....                                                                                       | 52  |
| Figura 3-19 | Velocidad y Dirección de la Corriente Medida al Este por un Perfilador Acústico de Corriente Doppler .....                                                                                        | 53  |
| Figura 3-20 | Medida de la Velocidad del Viento Local por Hora y del Viento en Caimito, Enero del 2008 .....                                                                                                    | 56  |
| Figura 3-21 | Medida de la Velocidad del Viento Local por Hora y Dirección del Viento en Caimito, Junio del 2008 .....                                                                                          | 57  |
| Figura 3-22 | Oleaje Medido en Sitio del Atracadero en Punta Rincón en Enero del 2008 .....                                                                                                                     | 62  |
| Figura 3-23 | Olas Medidas al Este de Punta Rincón en Junio del 2008 .....                                                                                                                                      | 63  |
| Figura 3-24 | Olas Medidas en Punta Rincón en Junio del 2008 .....                                                                                                                                              | 64  |
| Figura 3-25 | Olas Medidas al Oeste de Punta Rincón en Junio del 2008 .....                                                                                                                                     | 65  |
| Figura 3-26 | Altura de las Olas y Vectores de Velocidad en Cercanías del Proyecto durante la Tormenta Evento en Enero del 2008 .....                                                                           | 67  |
| Figura 3-27 | Campo de la Corriente en Cercanías del Proyecto durante las Condiciones de Tormenta .....                                                                                                         | 68  |
| Figura 3-28 | Altura de las Olas y Vectores de Velocidad en Cercanías del Proyecto en Condiciones Típicas de Verano .....                                                                                       | 69  |
| Figura 3-29 | Campo de la Corriente en Cercanías del Proyecto en Condiciones Típicas de Verano .....                                                                                                            | 70  |
| Figura 3-30 | Direcciones Inferidas de Desplazamiento de los Sedimentos .....                                                                                                                                   | 78  |
| Figura 3-31 | Calidad del Agua Marina de la Línea Base: Resumen de los Datos de Temperatura .....                                                                                                               | 87  |
| Figura 3-32 | Salinidad Medida Cerca del Sitio del Puerto .....                                                                                                                                                 | 88  |
| Figura 3-33 | Perfil Transversal de Velocidad del Río Petaquilla el 12 Enero del 2008, Aproximadamente 400 m Aguas Arriba de la Desembocadura, Evidencia de Cuña de Sal (0° es el Norte y 90° es el Este) ..... | 98  |
| Figura 3-34 | Estudio de la Cuña de Agua Salada 21 de Junio del 2008 .....                                                                                                                                      | 100 |

### LISTA DE FOTOGRAFÍAS

|                 |                                                                                                                                                                                                                                    |    |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Fotografía 1-1  | Localización Propuesta para el Puerto (Mirando Hacia el Oeste) .....                                                                                                                                                               | 1  |
| Fotografía 2-1  | Configuración del Montaje del Perfilador Acústico de Corrientes<br>Doppler y Sistema de Posicionamiento Global Cinemático en<br>Tiempo Real.....                                                                                   | 6  |
| Fotografía 2-2  | Montaje de la Estación Base del Sistema de Posicionamiento<br>Global Cinemático en Tiempo Real en la Estación<br>Meteorológica de Caimito .....                                                                                    | 6  |
| Fotografía 2-3  | Montaje en Bote del Sistema de Posicionamiento Global y<br>Unidad Cinemática en Tiempo Real .....                                                                                                                                  | 8  |
| Fotografía 2-4  | Implementación de la Unidad del Perfilador Acústico de<br>Corrientes Doppler Montada en la parte Inferior del Bote .....                                                                                                           | 10 |
| Fotografía 2-5  | Implementación del Drogue Cerca de Punta Rincón.....                                                                                                                                                                               | 13 |
| Fotografía 2-6  | Método para la Recolección de Muestras de Sedimentos en la<br>Playa .....                                                                                                                                                          | 19 |
| Fotografía 2-7  | Sonda Remota de Multímetro YSI Serie 6.....                                                                                                                                                                                        | 22 |
| Fotografía 2-8  | Implementación del Medidor de Perfil para Calidad de Agua<br>Seabird SBE 19 desde el Bote .....                                                                                                                                    | 22 |
| Fotografía 2-9  | Recolección de Muestras de Calidad de Agua Marina Utilizando<br>Botella Niskin de 10 Litros .....                                                                                                                                  | 25 |
| Fotografía 3-1  | Vista de la Desembocadura de la parte baja del Río Caimito<br>Mirando hacia Punta Rincón .....                                                                                                                                     | 72 |
| Fotografía 3-2  | Playa de Inclinación Moderada entre la parte baja del Río<br>Caimito y Punta Rincón .....                                                                                                                                          | 73 |
| Fotografía 3-3  | Escarpes por la Erosión en el Parte Superior de la Playa cerca<br>de la Desembocadura de la parte baja del Río Caimito (Playa<br>de Inclinación Moderada) .....                                                                    | 73 |
| Fotografía 3-4  | Línea de Costa de Punta Rincón (Costa Rocosa).....                                                                                                                                                                                 | 74 |
| Fotografía 3-5  | Costa Suroeste de la Playa de Punta Rincón (Costa Rocosa).....                                                                                                                                                                     | 74 |
| Fotografía 3-6  | Playa Arenosa al Suroeste de Punta Rincón (Playa Ligeramente<br>Inclinada).....                                                                                                                                                    | 75 |
| Fotografía 3-7  | Playa Arenosa al Suroeste de Punta Rincón (Playa Ligeramente<br>Inclinada).....                                                                                                                                                    | 75 |
| Fotografía 3-8  | Río Caimito durante Condiciones de Bajo Caudal el 11 Enero<br>del 2008.....                                                                                                                                                        | 97 |
| Fotografía 3-9  | Río Caimito Bajo durante Condiciones de Inundación el 15<br>Enero del 2008 .....                                                                                                                                                   | 97 |
| Fotografía 3-10 | Desembocadura de la parte baja del Río Caimito la Mañana del<br>15 Junio del 2008 .....                                                                                                                                            | 99 |
| Fotografía 3-11 | Rápidos Justo Aguas Arriba del Sitio 1 en Estudio de la Cuña<br>de Sal en la parte baja del Río Caimito el 15 Junio del 2008;<br>Probablemente Sirve como Barrera Física a la Cuña de Sal<br>Bajo Condiciones de Bajo Caudal ..... | 99 |

## LISTA DE APÉNDICES

|            |                                            |
|------------|--------------------------------------------|
| Apéndice A | Informe del Modelo Hidrodinámico           |
| Apéndice B | Resultados de la Calidad de Agua           |
| Apéndice C | Resultados de la Calidad de los Sedimentos |



## 1 INTRODUCCIÓN

Minera Panamá S.A. (MPSA), cuyas acciones son propiedad absoluta de Inmet Mining Corporation (Inmet), está realizando los estudios de factibilidad para el desarrollo del Proyecto Mina de Cobre MPSA (el Proyecto). El Proyecto propuesto extraerá y procesará mineral de sulfuro de cobre en la Concesión Petaquilla en Panamá. Esta concesión cubre un área de 130 kilómetros cuadrados (km<sup>2</sup>) y está localizada en el Distrito de Donoso en la Provincia de Colón, en la región Central Norte de Panamá (ver Mapa 1 del Anexo I). La concesión contiene al menos tres yacimientos diferentes de mineral de cobre distribuidos en distintos sectores (Colina, Botija y Valle Grande) y en la actualidad se prevé la explotación de estos yacimientos en tres minas a cielo abierto.

El mineral de sulfuro de cobre será extraído a través de minas a cielo abierto y será concentrado utilizando el método de trituración, molienda, flotación, espesamiento y filtrado. El diseño propuesto considera que la alimentación de mineral a la planta procesadora será de 150,000 toneladas por día. Esto será ampliado a 225,000 toneladas por día en 10 años mediante la adición de una tercera línea de procesamiento. El Proyecto exportará concentrado de cobre a través de un puerto que será construido en la costa Caribe en Punta Rincón, el cual estará conectado al proyecto principal por una ruta de transporte, un corredor eléctrico y tuberías para la transferencia de productos y otros materiales (ver Mapa 1 del Anexo I). Se propone la construcción de una Planta de generación de energía a carbón, adyacente al puerto de Punta Rincón. Esta planta tendrá la capacidad de generar 300 megavatios que proveerá energía al proyecto y estará conectada a la red nacional con líneas de energía que se extenderán desde la mina hasta la subestación eléctrica existente en Llano Sánchez, Distrito de Aguadulce en la Provincia de Coclé.

Como parte del Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) del Proyecto, se hicieron investigaciones para documentar la oceanografía de la zona cercana al sitio del puerto. Se requiere de una descripción de la línea base de oceanografía para lograr una evaluación adecuada de los potenciales impactos del Proyecto.

Este informe está organizado de la siguiente forma:

- La Sección 1.2 describe las zonas o áreas de estudio.
- La Sección 2 presenta los métodos utilizados para el estudio de la Línea Base.
- La Sección 3 presenta y discute los resultados del estudio de la Línea Base.
- La Sección 4 resume los resultados significativos de la Línea Base.

Los datos sobre la calidad del agua presentada en este informe son resumidos con base a los datos presentados en la Línea Base para calidad del agua y sedimentos, (Anexo VIII). Los datos sobre salinidad y temperatura presentados en este informe son resumidos en la Línea Base de biología marina (Anexo XV).

## 1.1 OBJETIVOS

Los objetivos principales para la recolección de datos físicos marinos de la Línea Base en el sitio del puerto de Punta Rincón incluyeron lo siguiente:

- obtener datos oceanográficos a distancia y cerca de la costa (batimetría, mareas, corrientes, viento, oleaje, transporte de sedimentos costeros, temperatura, calidad del agua y sedimentos) para caracterizar el ambiente marino físico del Mar Caribe en el puerto;
- utilizar los datos oceanográficos recolectados a distancia y cerca de la costa, para desarrollar, calibrar y validar un modelo hidrodinámico numérico del área de estudio cercana a Punta Rincón que pueda ser utilizado para extrapolar condiciones de oleaje y corrientes más allá de los programas de campo; y
- identificar toda condición especial que pueda afectar el diseño de las instalaciones portuarias, y las estructuras de entrada/salida de la planta eléctrica.

El objetivo de este informe es proveer información de la Línea Base sobre las condiciones oceanográficas en las cercanías del puerto. La información de la Línea Base recolectada permitirá la caracterización del ambiente físico marino previo al desarrollo, de manera que se puedan evaluar los impactos ambientales bajo la EsIA que se llevará a cabo para el Proyecto. Estos datos también permitirán que el diseño del puerto sea modificado en el caso de que se identifique algún aspecto ambiental especial.

## 1.2 ÁREAS DE ESTUDIO

El Proyecto está ubicado en Punta Rincón en la costa Caribe de Panamá, a unos 100 kilómetros (km) al oeste de Colón (Figura 1-1). Esta previsto construir un puerto en Punta Rincón, que se muestra en la Fotografía 1-1. El puerto deberá estar ubicado en la intrusión de Punta Rincón, y se extendería hacia el mar en dirección noroeste hasta aproximadamente unos 500 metros (m) de la costa. La terminal incluye la construcción y operación de una planta de energía que requerirá la toma de agua del mar para el enfriamiento, y la descarga de agua tibia de vuelta al océano. La entrada y salida de la planta de energía deberán estar localizadas al oeste del puerto extendiéndose en dirección noroeste (ver Mapa 1 del Anexo I).

Figura 1-1 Mar Caribe y Costa Norte de Panamá







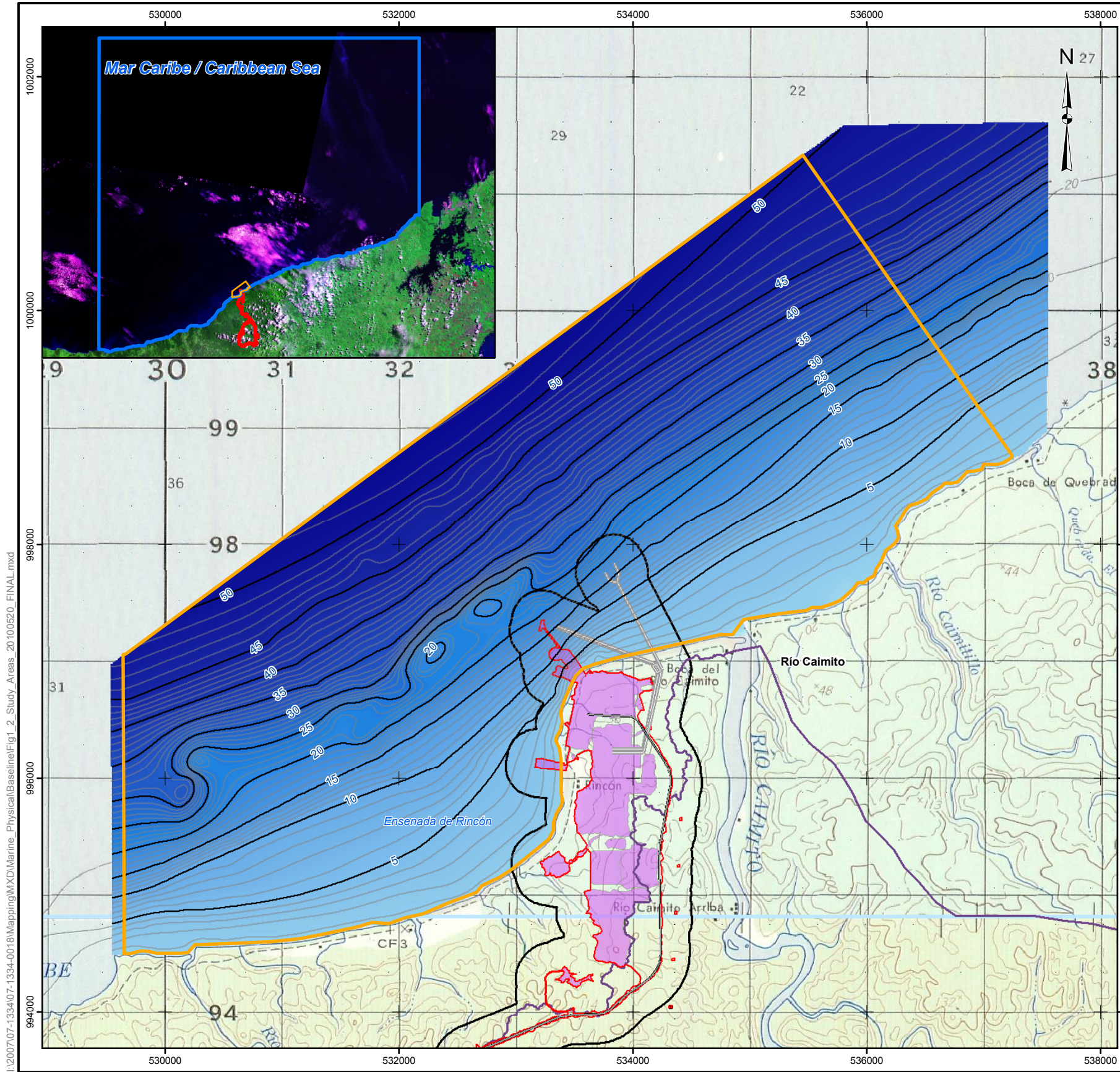
**Fotografía 1-1 Localización Propuesta para el Puerto (Mirando Hacia el Oeste)**

El área de estudio de la línea base de oceanografía incluye tanto una área de estudio mar adentro como otra área cercana a la costa y que abarca las porciones marinas y costeras del área de desarrollo del proyecto (ADP) (según se muestra en la Figura 1-2) como sigue:

- Se seleccionó una área de estudio mar adentro de la costa para que el límite hacia el mar coincidiera con los datos disponibles para el cálculo de las condiciones pasadas de vientos/olas, de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (ANOA) y del juego de datos Wavewatch III para el cálculo de condiciones pasadas. Se utilizó este juego de datos para desarrollar, calibrar y validar el modelo numérico hidrodinámico. El área de estudio mar adentro se extendió aproximadamente unos 110 km mar adentro desde la costa panameña, y 137 km a lo largo de la costa, con el centro del área en Punta Rincón (Figura 1-2).

- 
- Se requería de un área de estudio cercana a la costa y dentro del área de estudio mar adentro, para suministrar detalles adicionales de los puntos cercanos al Puerto y los puntos de entrada y salida. El límite espacial del área de estudio cercana a la costa incluía un área que se extendía aproximadamente unos 3 km mar adentro desde la costa panameña a una distancia de aproximadamente 4 km en ambos lados del puerto (Figura 1-2).





LEYENDA / LEGEND

- CARRETERA A LA COSTA PROPUESTA / PROPOSED COAST ROAD
- CURVA DE NIVEL (INTERVALO 1 m) / CONTOUR (1 m INTERVAL)
- CURVA DE NIVEL (INTERVALO 5 m) / CONTOUR (5 m INTERVAL)
- LÍNEA DE TRANSMISIÓN / TRANSMISSION LINE
- TUBO DE ENTRADA/SALIDA / WATER INTAKE/OUTFALL
- ÁREA DE DESARROLLO DEL PROYECTO / PROJECT DEVELOPMENT AREA
- ÁREA DE ESTUDIO DE OCEANOGRAFÍA CERCA DE LA COSTA / NEARSHORE STUDY AREA OF THE PHYSICAL OCEANOGRAPHY STUDY
- CUENCA / WATERSHED
- ÁREA DE ESTUDIO DE OCEANOGRAFÍA MAR ADENTRO / OFFSHORE STUDY AREA OF THE PHYSICAL OCEANOGRAPHY STUDY
- HUELLA DEL PROYECTO / PROJECT FOOTPRINT
- LOCALIZACIÓN DEL PUERTO / PORT SITE\*

\*El símbolo aparece transparente en el mapa / Symbol appears transparent on map



REFERENCIA / REFERENCE

Los mapas topográficos preparados por el Instituto Geográfico Nacional, empleados bajo autorización. Proyección: UTM Zona 17 Sistema de Coordenadas: NAD 27  
Dato vertical: Las curvas de nivel son profundidades por debajo del nivel medio del mar (MSL). El nivel medio del mar se define como 10.84 metros debajo de la altura elipsoidal de la referencia.  
Topographic maps prepared by Instituto Geografico Nacional, used under license.  
Projection: UTM Zone 17 Datum: NAD 27  
Vertical Datum: Contours shown are depths below Mean Sea Level (MSL). MSL is defined as 10.84 metres below the reference ellipsoidal height.

|                                                                                       |  |                                                                                                     |  |                                                                 |                                          |                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------|
| PROYECTO<br>PROJECT                                                                   |  | Minera  Panamá |  | PROYECTO MINA DE COBRE PANAMÁ /<br>PROJECT MINA DE COBRE PANAMÁ |                                          |                         |
| TÍTULO<br>TITLE                                                                       |  | ÁREAS DE ESTUDIO DE OCEANOGRAFÍA /<br>PHYSICAL OCEANOGRAPHY STUDY AREAS                             |  |                                                                 |                                          |                         |
|  |  | N° PROYECTO / PROJECT NO. 07-1334-0018                                                              |  |                                                                 | ESCALA SEGÚN MUESTRA /<br>SCALE AS SHOWN | REV. 0                  |
|                                                                                       |  | DISEÑO / DESIGN                                                                                     |  | SL                                                              | 02 Mar./Mar. 2010                        | FIGURA /<br>FIGURE: 1-2 |
|                                                                                       |  | SIG / GIS                                                                                           |  | TL                                                              | 10 May./May 2010                         |                         |
|                                                                                       |  | VERIFICACIÓN / CHECK                                                                                |  | BD                                                              | 20 May./May 2010                         |                         |
|                                                                                       |  | REVISIÓN / REVIEW                                                                                   |  | MR                                                              | 20 May./May 2010                         |                         |



## 2 METODOLOGÍA

El estudio de la línea base de oceanografía se concentró en la caracterización de los siguientes parámetros significativos del sitio:

- batimetría y el fondo marino;
- mareas y niveles de agua;
- corrientes marinas;
- vientos;
- oleaje;
- transporte de sedimentos costeros;
- temperatura y salinidad del agua marina;
- calidad de agua marina y del estuario;
- calidad de sedimentos marinos y de los estuarios; y
- intrusión salina del estuario.

El enfoque usado implicaba evaluar los datos disponibles de puntos lejanos y cercanos a la costa, para llevar a cabo programas para la recolección de datos de campo, cuando fuera necesario, y desarrollar, calibrar y validar un modelo numérico hidrodinámico que permitiera una caracterización adicional de las condiciones del sitio. Se utilizaron datos de campo para la calibración y validación del modelo hidrodinámico.

### 2.1 BATIMETRÍA Y EL FONDO MARINO

#### 2.1.1 Fuentes de Datos

Las fuentes de datos para caracterizar la batimetría en el sitio del puerto incluyeron las siguientes:

- Gráfico de Navegación No. 26070 “Río Colorado a Colón” a una escala de 1:300,000, para elevaciones del lecho marino, líneas de costa y contornos del Río Caimito.
- Estudio batimétrico realizado por Rescan Environmental Services Ltd. (Rescan 1995).
- Datos de batimetría global ETOPO1 a resolución de 1 minuto (NOAA 2008a, sitio en Internet).

- Base de Datos de Alta Resolución de la Costa, del Centro Nacional de Datos Geofísicos de los Estados Unidos.
- Estudios de batimetría y sonar de escaneo lateral, llevados a cabo por Golder como parte del programa geofísico en enero del 2008.

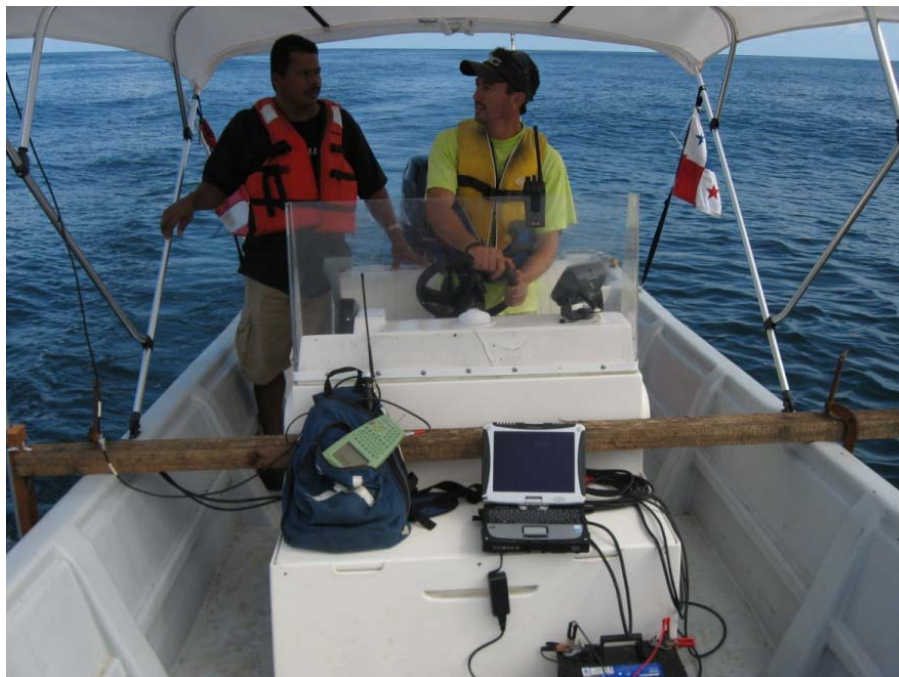
## **2.1.2 Datos Recolectados para la Línea Base**

La información disponible sobre batimetría del área del sitio del puerto fue evaluada durante el reconocimiento inicial del sitio, considerándose que no era lo suficientemente precisa para fines de una evaluación ambiental. En enero del 2008 se llevó a cabo en el sitio un estudio batimétrico y geofísico del área de estudio cercana a la costa (Golder 2008). Se recolectaron datos batimétricos adicionales como parte de la recolección de datos de campo sobre la oceanografía, utilizando perfiladores acústicos de corrientes doppler (PACD) montados en un bote.

### **2.1.2.1 Mediciones Batimétricas con Perfilador Acústico Doppler Montado en Bote**

El estudio de batimetría fue completado utilizando equipos geofísicos (Golder 2008) y un PACD de 600 kilohertzios (kHz) en combinación con un sistema de posicionamiento global (GPS por sus siglas en inglés) cinemático en tiempo real (CTR). El sistema CTR GPS suministraba las diferencias de latitud hacia el norte y este y la elevación para cada medición tomada por el PACD. La estación base CTR GPS fue establecida sobre el punto de control en el mercator transversal universal (UTM por sus siglas en inglés) con datum NAD27 Zona del Canal 535196.31 Este, 997068.89 Norte, y una elevación de 26.185 metros sobre el nivel medio de mar (msnm) EGM96. El estudio batimétrico fue referenciado en este punto. La creación de la estación de base CTR y en el bote se presenta en las Fotografías 2-1, 2-2 y 2-3 y las Figuras 2-1 y 2-2.



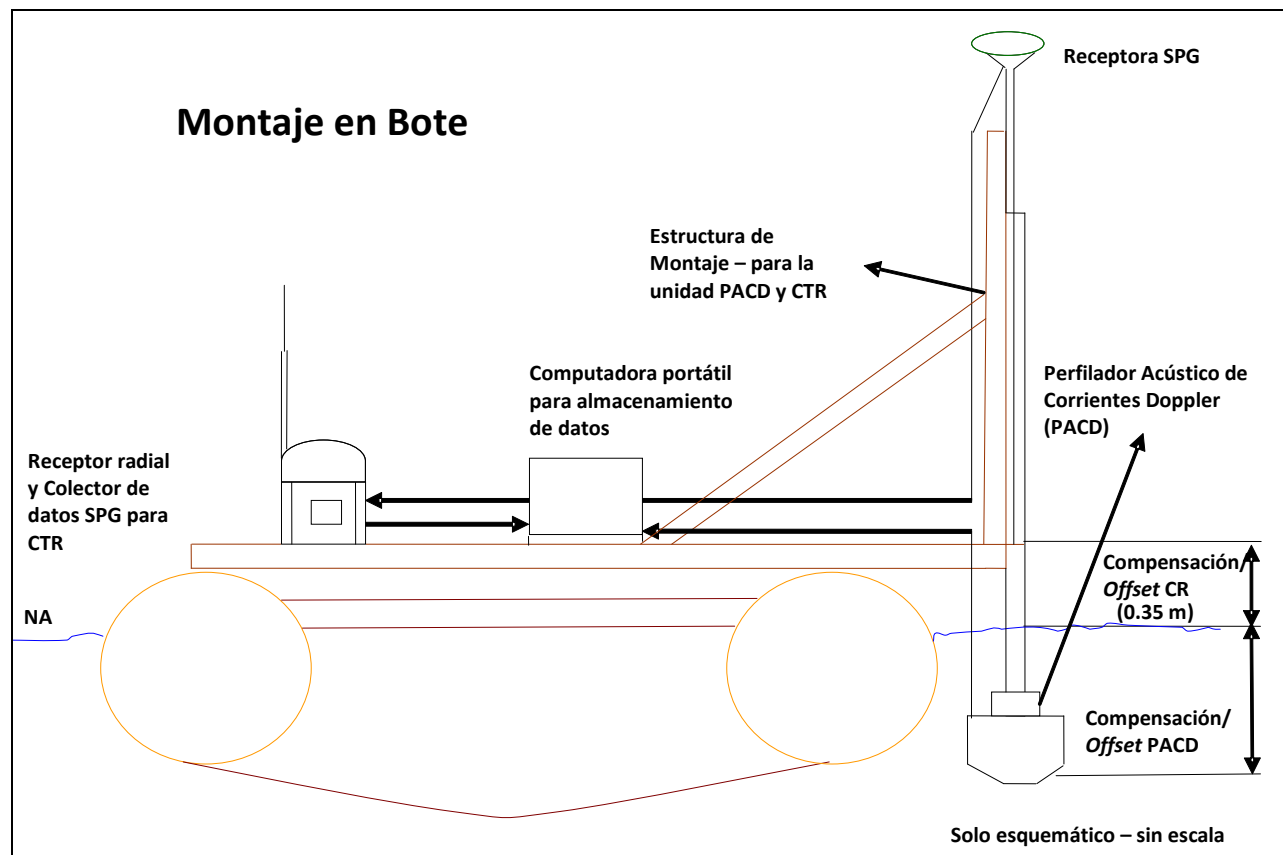


**Fotografía 2-1 Configuración del Montaje del Perfilador Acústico de Corrientes Doppler y Sistema de Posicionamiento Global Cinemático en Tiempo Real**

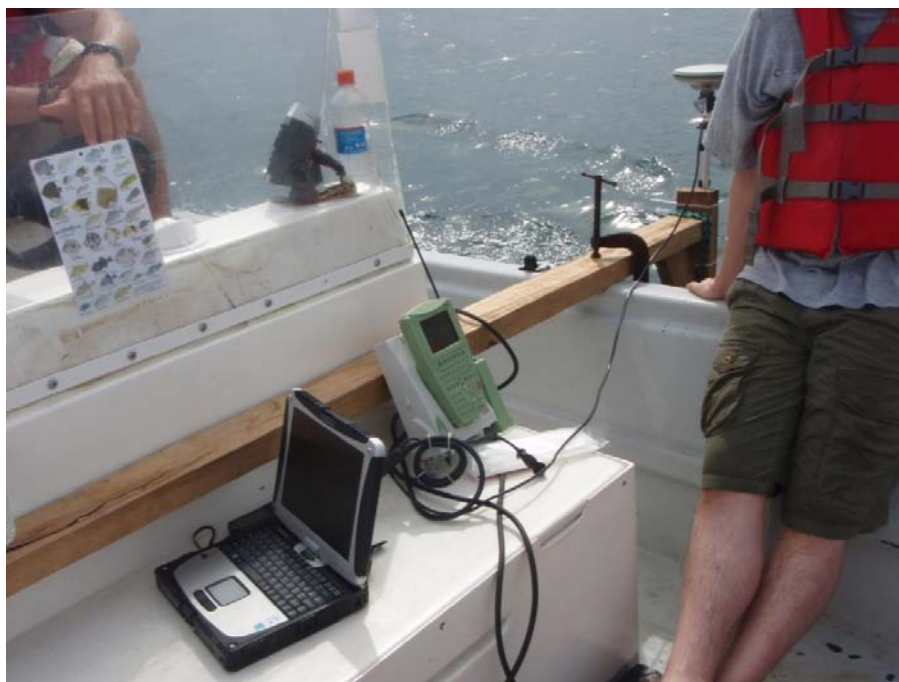
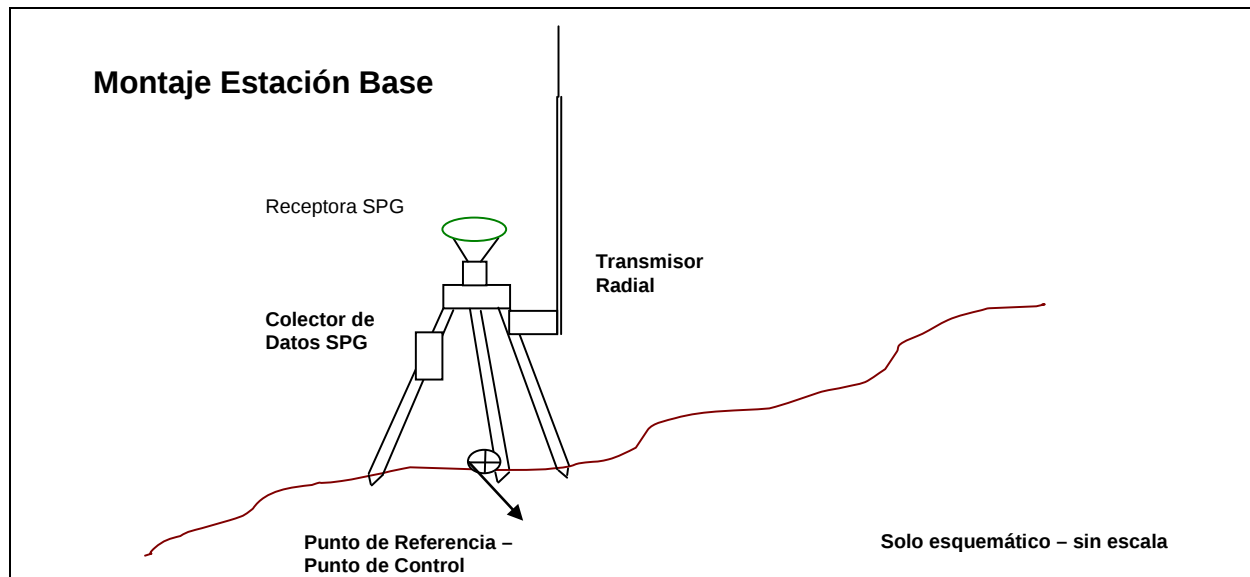


**Fotografía 2-2 Montaje de la Estación Base del Sistema de Posicionamiento Global Cinemático en Tiempo Real en la Estación Meteorológica de Caimito**

**Figure 2-1 Montaje en el Bote del Perfilador Acústico de Corrientes Doppler y de la Unidad Cinemática en Tiempo Real**



**Figura 2-2 Montaje Estación Base de Perfilador Acústico de Corrientes Doppler y Unidad Cinemática en Tiempo Real**



**Fotografía 2-3 Montaje en Bote del Sistema de Posicionamiento Global y Unidad Cinemática en Tiempo Real**

## **2.2 MAREAS Y NIVELES DE AGUA**

### **2.2.1 Fuentes de Datos**

Las fuentes de datos para caracterizar la variación de niveles de agua en el sitio del puerto incluyeron lo siguiente:

- proyecciones sobre la marea en Colón con base a Mareas y Corrientes NOAA (NOAA 2008b, sitio en Internet);
- mediciones tomadas en el PACD montado en la parte inferior del barco, desde noviembre 2007 hasta marzo 2008 (Sandwell 2009a); y
- mediciones tomadas en el PACD montado en la parte inferior del barco, tomadas en junio del 2008.

### **2.2.2 Datos Recolectados para la Línea Base**

#### **2.2.2.1 Mediciones del Nivel de Agua por el Perfilador Acústico Doppler Montado en la Parte Inferior del Bote**

Tres unidades PACD montadas en la parte inferior del bote (Fotografía 2-4) fueron implementadas el 17 de junio y fueron recuperadas el 21 de junio del 2008, para registrar continuamente los niveles de agua, corrientes y olas. Las profundidades y localizaciones de las unidades PACD fueron las siguientes:

- Punta Rincón: 533406 Este 997143 Norte;
- aproximadamente 10 m de agua en 536732 Este, 999410 Norte cerca del límite este del área de estudio; y
- aproximadamente 10 m de agua en 529662 Este, 995006 Norte cerca del límite oeste.

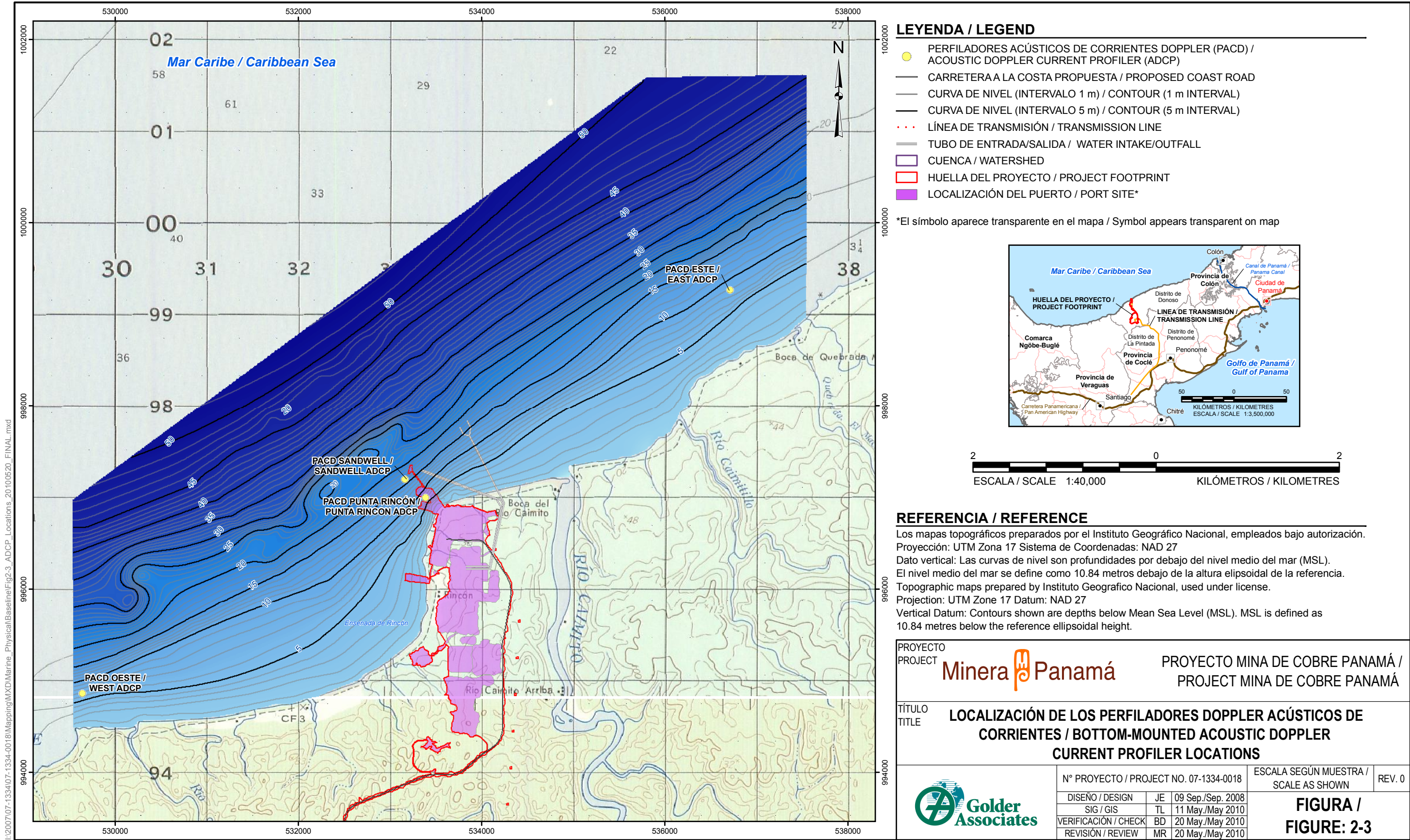
La Sección 2.3.2.3 presenta la recolección de datos de la Línea Base para corrientes, y la Sección 2.5.2.1 presenta la recolección de datos de la Línea Base para olas. Los sitios donde se realizaron las mediciones son presentados en la Figura 2-3.





**Fotografía 2-4 Implementación de la Unidad del Perfilador Acústico de Corrientes Doppler Montada en la parte Inferior del Bote**





I:\2007\07-1334\07-1334-0018\Mapping\MXD\Marine\_Physical\Baseline\Fig2-3\_ADCP\_Locations\_20100520\_FINAL.mxd



## **2.3 CORRIENTES MARINAS**

### **2.3.1 Fuentes de Datos**

Las fuentes de datos para caracterizar las corrientes marinas en el sitio del puerto incluyeron lo siguiente:

- información publicada sobre la contra-corriente Caribeña;
- mediciones del PACD montado en la parte inferior del bote, tomadas en enero del 2008 (Sandwell 2009a);
- mediciones tomadas por el PACD montado en el bote, en enero y junio del 2008;
- mediciones tomadas por el PACD montado en la parte inferior del bote, de junio del 2008; y
- mediciones del medidor de corrientes de enero y junio del 2008.

### **2.3.2 Datos Recolectados para la Línea Base**

Las corrientes fueron medidas durante los programas de campo en enero y junio del 2008 cerca de Punta Rincón, utilizando varios métodos: una unidad PACD montada en el barco, varios medidores de corrientes, y tres unidades PACD montadas en la parte inferior del bote.

#### **2.3.2.1 Mediciones Tomadas por el Perfilador Acústico de Corrientes Hopper Montado en el Bote**

Las corrientes fueron medidas utilizando una unidad PACD de 600 MHz montada en el bote, conjuntamente con un CTR GPS. La unidad PACD medía la profundidad además de las velocidades tri-dimensionales del agua en incrementos de 0.5 m varias veces por segundo. El montaje del sistema GPS se describe en la Sección 2.1.2.1. Las velocidades promedio de las corrientes medidas por el PACD fueron verificadas mediante comparación con las velocidades promedio obtenidas a través de la implementación de medidores de corrientes. Las lecturas de profundidad obtenidas utilizando la unidad PACD fueron verificadas mediante comparación con una sonda de profundidad. La Fotografía 2-1 presenta el montaje en el bote de la unidad CTR GPS.

#### **2.3.2.2 Implementación de Medidores de corrientes**

Los medidores de corrientes fueron implementados los días 13 y 16 de enero del 2008 para confirmar las mediciones de corrientes por PACD. El medidor de corriente consta de una boya, con una “vela” subacuática que se baja a una profundidad de 5 m y se

deja arrastrar por la corriente. Una unidad GPS atada a la boya registra la trayectoria de la boya a través del tiempo, y esta información es utilizada para calcular la velocidad promedio de la corriente. La Fotografía 2-5 presenta la implementación del medidor de corriente cerca de Punta Rincón.



**Fotografía 2-5 Implementación del Medidor de corriente Cerca de Punta Rincón**

### **2.3.2.3 Mediciones Tomadas por el Perfilador Acústico de Corrientes Doppler Montado en la Parte Inferior del Bote**

Tres unidades PACD montadas en la parte inferior del bote (Fotografía 2-4) fueron implementadas el día 17 de junio del 2008 y fueron recuperadas el 21 de junio del 2008, para registrar continuamente los niveles de agua, corrientes y olas. Las profundidades y localizaciones de la implementación de las unidades PACD son presentadas en la Sección 2.2.2.1 y en la Figura 2-3. La Sección 2.2.2.1 presenta la recolección de datos de la Línea Base para los niveles de agua, y la Sección 2.5.2.1 presenta la recolección de datos de la Línea Base para olas.

## **2.4 VIENTOS**

### **2.4.1 Fuentes de Datos**

Las fuentes de datos para caracterizar el régimen de vientos en el sitio del puerto incluyeron lo siguiente:

- Los datos disponibles al público para calcular condiciones pasadas de los vientos cercanos al sitio del Proyecto fueron obtenidos a través del Centro de Modelamiento Ambiental del Servicio Nacional de Meteorología y su programa NOAA Wavewatch III (sitio en el Internet NOAA Wavewatch III 2008 del Servicio Nacional de Meteorología). El conjunto de datos para calcular condiciones pasadas contiene aproximadamente 12 años de datos a 3 horas para el período comprendido entre el 30 de enero del 1997 hasta el 1 de marzo del 2009, en el punto de la cuadrícula 10°Norte y 80°Oeste (609602 Este, 1105509 Norte), es decir el punto en la cuadrícula más cercana al sitio del Proyecto en Punta Rincón (a unos 132 km al noreste del puerto).
- Datos sobre los vientos recolectados como parte del componente de la Línea Base sobre la calidad de aire.

No se disponía de datos históricos sobre los vientos locales cercanos al sitio del puerto.

### **2.4.2 Datos Recolectados para la Línea Base**

Se recolectaron datos sobre los vientos locales a través de la estación meteorológica de Caimito, establecida para este proyecto, ubicada en 535196.31 Este, 997068.89 Norte. Se disponía de datos sobre los vientos locales entre el 1 de diciembre del 2007 hasta el 21 de junio del 2008, con equipos adquiridos para la estación meteorológica de Caimito. La línea base sobre calidad de aire y meteorología, Anexo IX contiene detalles adicionales.

## **2.5 OLEAJE**

### **2.5.1 Fuentes de Datos**

Las fuentes de datos para caracterizar el oleaje en el Mar Caribe en el sitio del puerto incluyeron lo siguiente:

- Datos disponibles al público para calcular condiciones pasadas de las olas cercanas al sitio del Proyecto fueron obtenidos a través del Centro de Modelamiento Ambiental del Servicio Nacional de Meteorología y su programa NOAA Wavewatch

III (sitio en el Internet NOAA Wavewatch III 2008 del Servicio Nacional de Meteorología). El conjunto de datos para calcular condiciones pasadas contiene aproximadamente 12 años de datos a 3 horas para el período comprendido entre el 30 de enero del 1997 hasta el 1 de marzo del 2009, en el punto de la cuadrícula 10°Norte y 80°Oeste (609602 Este, 1105509 Norte), es decir el punto en la cuadrícula más cercana al sitio del Proyecto en Punta Rincón (a unos 132 km al noreste del puerto).

- Un estudio del oleaje fue realizado por Sandwell International Inc. (Sandwell 2009a, b) para fines del diseño del Puerto. El estudio incluyó los cálculos de condiciones pasadas de vientos y olas para el Estudio Meteorológico y Oceanográfico del Mar Caribe (CARIMOS) llevado a cabo por Oceanweather Inc. Los cálculos de condiciones pasadas constaban de dos productos separados: cálculos de condiciones pasadas de todos los ciclones importantes desde 1930 hasta 1996 para estimados de extremos de olas y vientos; y el cálculo de condiciones pasadas de 15 años continuos (1980 a 1994) para estimados de las condiciones de funcionamiento. Se obtuvieron datos de series cronológicas desde el punto de la red primaria 458 localizado en 9.25°Norte y 80.75°Oeste (527460 Este, 1022437 Norte) en 816 m de agua. Los datos de cálculos de condiciones pasadas incluían datos de olas a intervalos de tres horas, y datos de viento por hora-media a una elevación de 10 m. El estudio incluyó la instalación de una unidad PACD montada en la parte inferior del bote, localizada en el sitio desde septiembre 2007 a marzo 2008.
- Mediciones en junio 2008 de la unidad PACD montada en la parte inferior del bote.
- Proyecciones de un modelo hidrodinámico desarrollado como parte de este proyecto.

## **2.5.2 Datos Recolectados para la Línea Base**

Los datos sobre el oleaje local fueron medidos durante el programa de campo en junio del 2008 en cercanía de la zona de Punta Rincón utilizando tres unidades PACD montadas en la parte inferior del bote, y en enero 2008 por Sandwell (Sandwell 2009a).

### **2.5.2.1 Mediciones con Perfilador Acústico de Corrientes Doppler Montado en la parte Inferior de un Bote**

Tres unidades PACD (Fotografía 2-4) montadas en la parte inferior de un bote fueron implementadas el 17 de junio y recuperadas el 21 de junio del 2008, para registrar continuamente los niveles de agua, corrientes y olas. La profundidad y localización de la implementación de las unidades PACD son presentadas en la Sección 2.2.2.1 y en la Figura 2-3. La Sección 2.2.2.1 presenta la recolección de datos de la Línea Base para los niveles de agua, y la Sección 2.3.2.3 presenta la recolección de datos de la Línea Base de las corrientes.

El programa de medición de olas, corrientes y nivel de agua fue iniciado en Punta Rincón en septiembre 2007 concluyéndose en marzo 2008 (Sandwell 2009a). Se instaló una unidad PACD en el lecho marino a una profundidad de 15 m de agua, localizado en 533522 Este, 997125 Norte (Figura 2-3). El instrumento registraba los perfiles del nivel de agua y corriente vertical cada 10 minutos, y los espectros direccionales de olas cada hora.

### **2.5.2.2 Modelamiento Hidrodinámico**

Un modelo hidrodinámico (MIKE 21) fue desarrollado, calibrado y validado para mejorar la caracterización del ambiente marino oceanográfico. El motivo principal para incluir el estudio de modelo en la evaluación de la Línea Base fue el de evaluar la circulación originada por olas y corrientes en el área del puerto para períodos diferentes a los de los programas de recolección de datos para la Línea Base. El modelo también será utilizado para la evaluación de impactos de la EsIA para evaluar los potenciales impactos sobre el ambiente marino. El Apéndice A contiene detalles adicionales del modelo hidrodinámico utilizado para esta evaluación.

## **2.6 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS COSTEROS**

### **2.6.1 Fuentes de Datos**

Las fuentes de datos utilizadas para caracterizar el transporte de sedimentos costeros en el sitio del Puerto incluyeron lo siguiente:

- un programa de muestreo de sedimentos de playa, llevado a cabo en julio del 2007;
- un programa de muestreo de sedimentos suspendidos en enero del 2008;
- un programa de muestreo de sedimentos de playa en enero del 2008;
- un programa de muestreo de sedimentos de los estuarios en enero del 2008; y
- una evaluación del sitio por un geomorfólogo realizada en junio del 2008.

### **2.6.2 Datos Recolectados para la Línea Base**

#### **2.6.2.1 Sedimentos de Playa**

Los sedimentos de playa fueron recolectados los días 11 y 12 de enero del 2008, y analizados de acuerdo al tamaño del grano. Las muestras fueron recogidas entre el nivel de agua y la berma de tormenta más reciente (según se indica en la Fotografía 2-6). La toma de muestras entre el nivel de agua y la berma de tormenta



garantizaba que los sedimentos representaran aquellos que hubieran sido movilizados por las recientes tormentas.

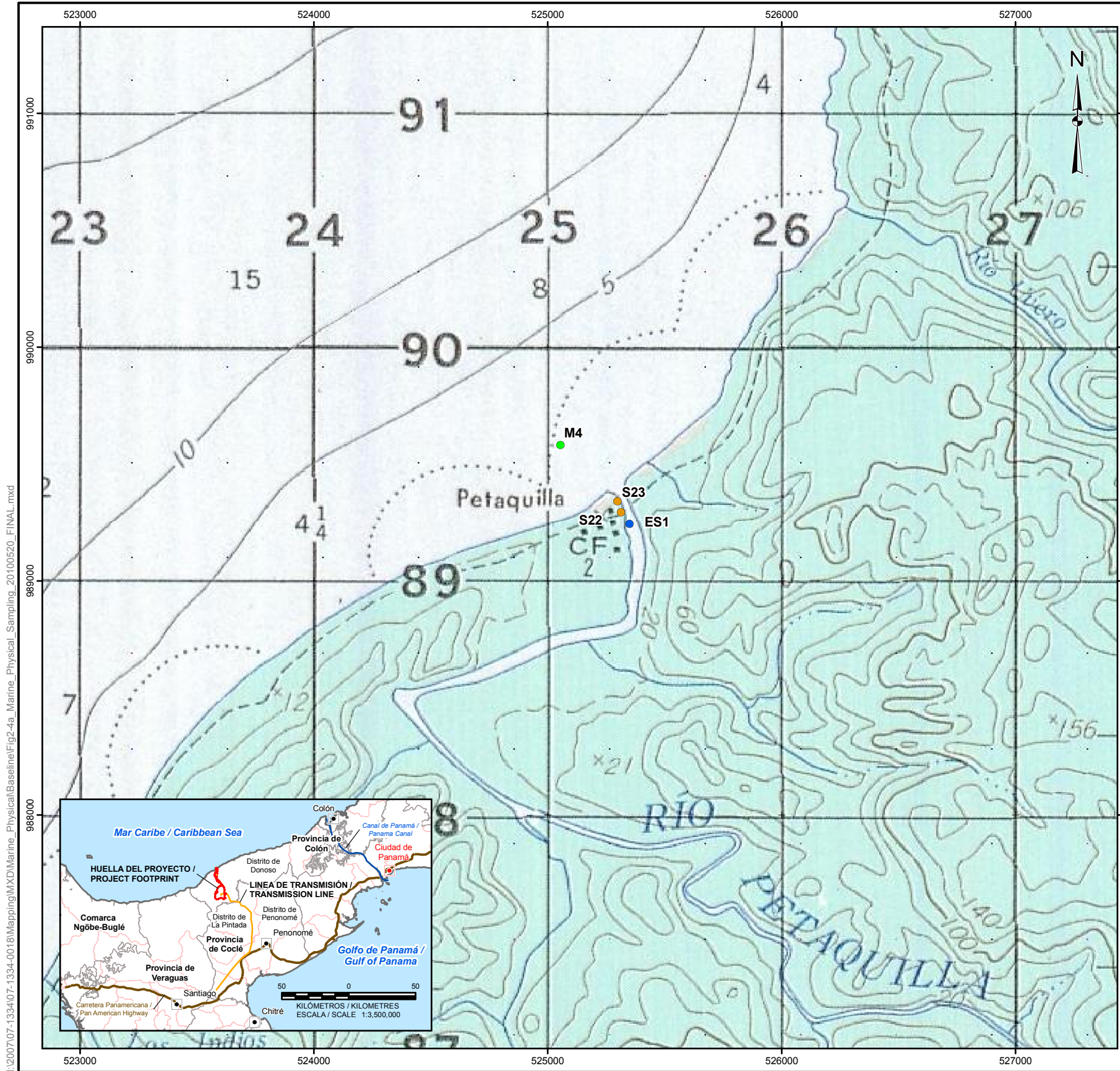
### **2.6.2.2 Sedimentos de Estuario**

Las muestras de calidad de sedimentos de los estuarios fueron recolectadas los días 11 y 12 de enero del 2008 de los bordes de tierra y mar de los bancos de arena que quedan en la desembocadura de los estuarios (bancos de la desembocadura de la bahía) de los Ríos Caimito Bajo, Petaquilla y Coclé del Norte (Figura 2-4).

### **2.6.2.3 Evaluación Geomorfología Costera**

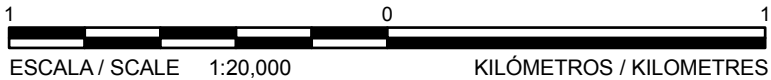
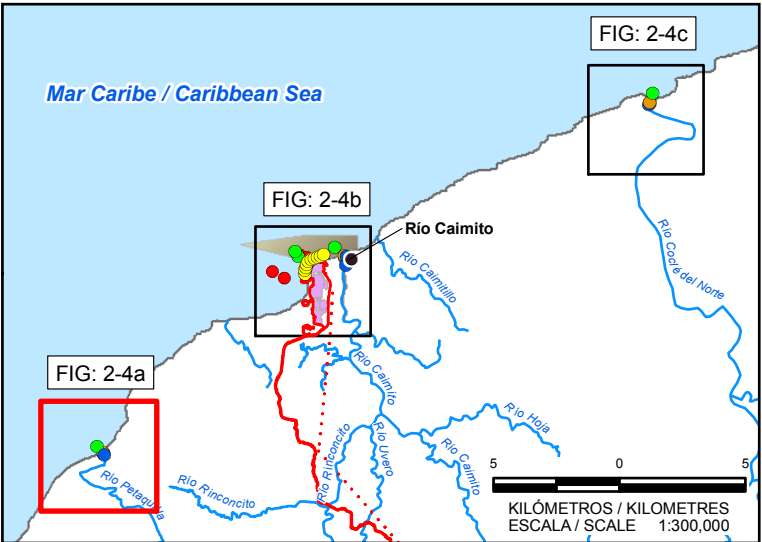
Las características geomórficas costeras del área de Punta Rincón fueron evaluadas mediante el reconocimiento aéreo y terrestre de la orilla, y la observación del patrón de transporte de los sedimentos costeros a lo largo de la orilla. El trabajo incluyó lo siguiente:

- revisar las imágenes fotográficas aéreas disponibles de la orilla entre los Ríos Rinconcito y Caimito Bajo;
- un reconocimiento desde helicóptero de la orilla desde el la parte baja del Río Caimito al este de Punta Rincón hasta el Río Petaquilla al oeste de Punta Rincón;
- un recorrido a pie desde el Río Rinconcito hasta la parte baja del Río Caimito a lo largo de la playa de Ensenada de Rincón, alrededor de Punta Rincón y por la playa hasta la parte baja del Río Caimito; y
- la documentación de las observaciones e interpretaciones del movimiento de los sedimentos a lo largo de la orilla (rumbo del litoral).



LEYENDA / LEGEND

- CALIDAD DEL AGUA MARINA / MARINE, WATER QUALITY
- ESTUARIO, CALIDAD DEL AGUA / ESTUARY, WATER QUALITY
- ESTUARIO, SEDIMENTOS / ESTUARY, SEDIMENT



REFERENCIA / REFERENCE

Los mapas topográficos preparados por el Instituto Geográfico Nacional, empleados bajo autorización.  
Proyección: UTM Zona 17 Sistema de Coordenadas: NAD 27  
Topographic maps prepared by Instituto Geografico Nacional, used under license.  
Projection: UTM Zone 17 Datum: NAD 27

|                                                                                                                |                                        |                                                                                                                                    |                   |                                                                 |        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------|--------|
| PROYECTO<br>PROJECT                                                                                            |                                        | Minera  Panamá                                |                   | PROYECTO MINA DE COBRE PANAMÁ /<br>PROJECT MINA DE COBRE PANAMÁ |        |
| TÍTULO<br>TITLE                                                                                                |                                        | LOCALIZACIÓN DE LOS SITIOS DE OCEANOGRAFÍA -<br>DESEBOCADURA RÍO PETAQUILLA /<br>OCEANOGRAPHIC SAMPLING LOCATIONS - RÍO PETAQUILLA |                   |                                                                 |        |
|  <b>Golder Associates</b> | N° PROYECTO / PROJECT NO. 07-1334-0018 |                                                                                                                                    |                   | ESCALA SEGÚN MUESTRA /<br>SCALE AS SHOWN                        | REV. 0 |
|                                                                                                                | DISEÑO / DESIGN                        | JE                                                                                                                                 | 09 Sep./Sep. 2008 | <b>FIGURA /<br/>FIGURE: 2-4a</b>                                |        |
|                                                                                                                | SIG / GIS                              | TL                                                                                                                                 | 11 May./May 2010  |                                                                 |        |
|                                                                                                                | VERIFICACIÓN / CHECK                   | BD                                                                                                                                 | 20 May./May 2010  |                                                                 |        |
|                                                                                                                | REVISIÓN / REVIEW                      | MR                                                                                                                                 | 20 May./May 2010  |                                                                 |        |

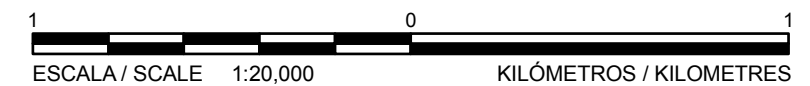
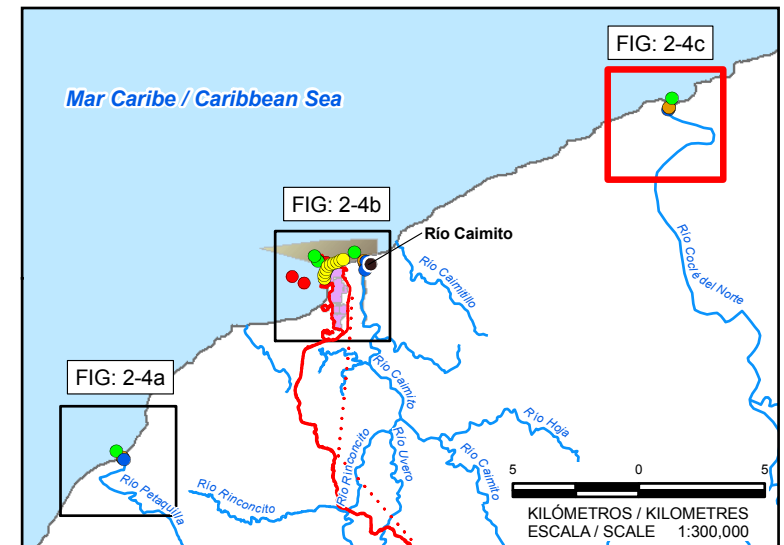








- CALIDAD DEL AGUA MARINA / MARINE, WATER QUALITY
- ESTUARIO, CALIDAD DEL AGUA / ESTUARY, WATER QUALITY
- ESTUARIO, SEDIMENTOS / ESTUARY, SEDIMENT



## REFERENCIA / REFERENCE

Los mapas topográficos preparados por el Instituto Geográfico Nacional, empleados bajo autorización.  
Proyección: UTM Zona 17 Sistema de Coordenadas: NAD 27  
Topographic maps prepared by Instituto Geografico Nacional, used under license.  
Projection: UTM Zone 17 Datum: NAD 27

|                                                                                       |  |                                                                                                                                                |    |                                                                 |  |        |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----------------------------------------------------------------|--|--------|
| PROYECTO<br>PROJECT                                                                   |  |                                                           |    | PROYECTO MINA DE COBRE PANAMÁ /<br>PROJECT MINA DE COBRE PANAMÁ |  |        |
| TÍTULO<br>TITLE                                                                       |  | LOCALIZACIÓN DE LOS SITIOS DE OCEANOGRAFÍA -<br>DESEMBOLCADURA RÍO COCLÉ DEL NORTÉ /<br>OCEANOGRAPHIC SAMPLING LOCATIONS - RÍO COCLÉ DEL NORTE |    |                                                                 |  |        |
|  |  | N° PROYECTO / PROJECT NO. 07-1334-0018                                                                                                         |    | ESCALA SEGÚN MUESTRA /<br>SCALE AS SHOWN                        |  | REV. 0 |
|                                                                                       |  | DISEÑO / DESIGN                                                                                                                                | JE | 09 Sep./Sep. 2008                                               |  |        |
|                                                                                       |  | SIG / GIS                                                                                                                                      | TL | 11 May./May 2010                                                |  |        |
|                                                                                       |  | VERIFICACIÓN / CHECK                                                                                                                           | BD | 20 May./May 2010                                                |  |        |
|                                                                                       |  | REVISIÓN / REVIEW                                                                                                                              | MR | 20 May./May 2010                                                |  |        |
|                                                                                       |  | FIGURA /<br>FIGURE: 2-4c                                                                                                                       |    |                                                                 |  |        |



**Fotografía 2-6 Método para la Recolección de Muestras de Sedimentos en la Playa**

## **2.7 TEMPERATURA Y SALINIDAD DEL AGUA MARINA**

### **2.7.1 Fuentes de Datos**

Las fuentes de datos que se utilizaron para caracterizar la temperatura y la salinidad en el puerto incluyeron lo siguiente:

- documentos publicados sobre temperaturas y salinidad del agua en el Mar Caribe;
- datos sobre la temperatura y salinidad del agua marina, recolectados en julio 2007, diciembre 2007, y junio 2008; y
- un programa de campo para datos de temperatura del agua marina en abril 2009.



Los sitios de muestreo son presentados en la Figura 2-5 y están concentrados alrededor del sitio del puerto.

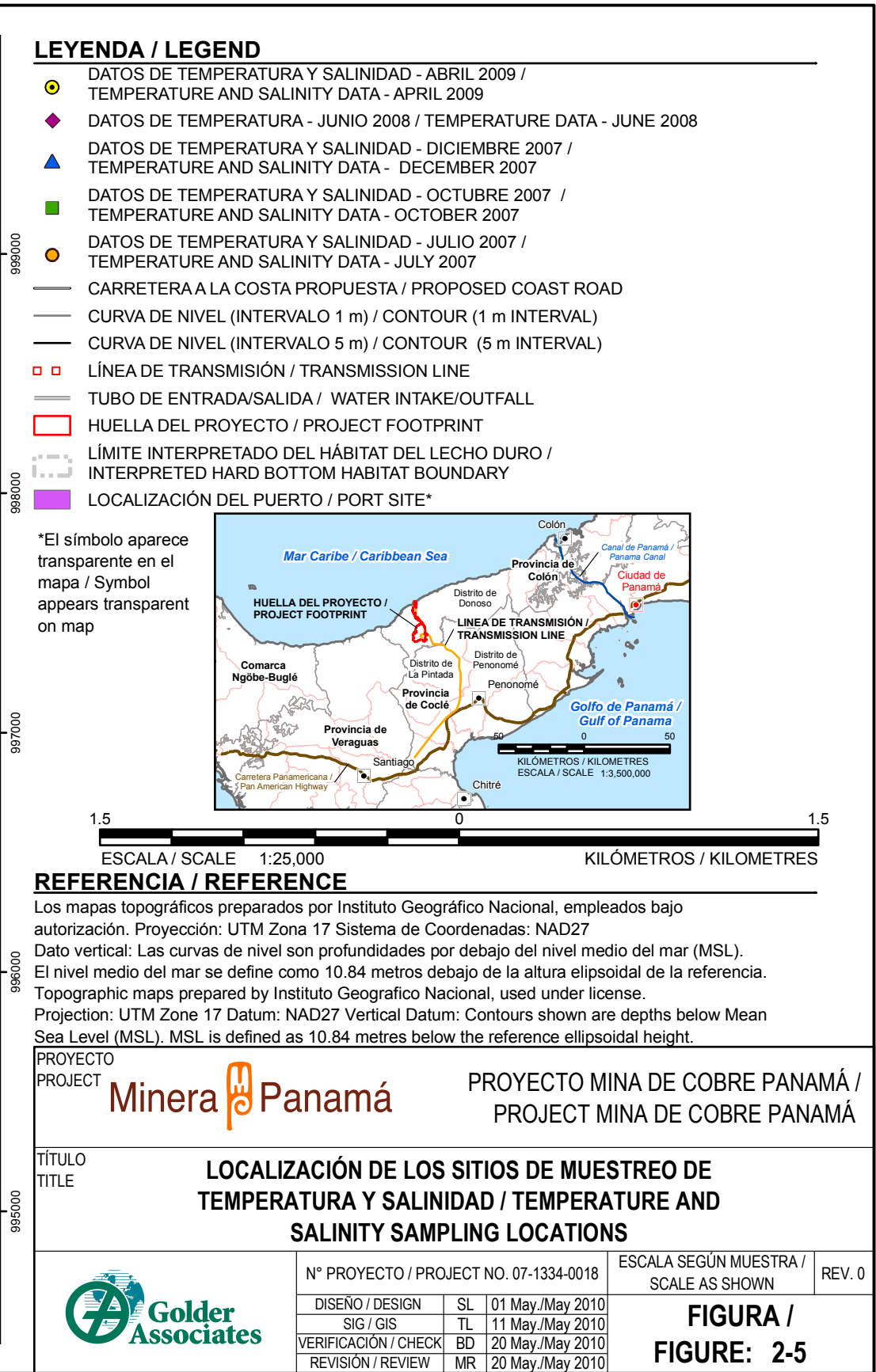
### **2.7.2 Datos Recolectados para la Línea Base**

Se midió la temperatura utilizando un registrador de conductividad-temperatura-profundidad (CTP) de una de las siguientes dos formas:

- Se utilizó una sonda remota para recolectar datos de temperatura y salinidad del agua durante períodos largos. La frecuencia de muestreo la sonda remota generalmente fue de 24 a 48 horas, con frecuencias de muestreo de cada 15 minutos. La Fotografía 2-7 presenta la sonda utilizada para la recolección de muestras remotas.
- Se utilizó un muestreo discreto para la recolección de los perfiles de temperatura y salinidad. En esta forma de muestreo, el instrumento para medir la calidad de agua era implementado desde un bote, descolgado a cierta profundidad, y luego era recuperado. La Fotografía 2-8 presenta el muestreo discreto con perfilador de calidad de agua.

El instrumento CTP midió las características del agua, incluyendo la salinidad, temperatura, presión, profundidad y densidad. A medida que se bajaba el instrumento CTP a través de la columna de agua, las mediciones de conductividad, temperatura y profundidad se registraban de forma continua. La lectura de datos generales para un perfilador CTP es de hasta 24 Hertz (Hz), lo que significa que cada parámetro podría ser medido hasta 24 veces cada segundo. Esto permite una descripción de alta resolución del agua analizada. El instrumento CTP tiene las siguientes características:

- Mide tres parámetros directamente – conductividad (salinidad), temperatura y presión.
- Utiliza un termistor, un termómetro de platino, o una combinación de ambos para medir la temperatura y la salinidad del agua. La medición de temperatura de un instrumento CTP tiene una precisión de más de 0.005 grados Celsius (°C).
- Las mediciones de conductividad, temperatura y presión son registradas en forma digital. Pueden ser almacenadas por el instrumento CTP y luego ser transferidos a una computadora personal después de que el CTP haya sido extraído del agua, o la transferencia de datos puede ser de manera continua a través de un cable conectado desde el CTP hasta la computadora portátil en el bote.







**Fotografía 2-7 Sonda Remota de Multímetro YSI Serie 6**



**Fotografía 2-8 Implementación del Medidor de Perfil para Calidad de Agua Seabird SBE 19 desde el Bote**

Los datos sobre la calidad del agua fueron registrados en el archivo interno de datos, y luego fueron descargados a una computadora portátil para las formas de muestreo tanto remota como discreta. Luego los datos fueron etiquetados y archivados para posteriores análisis de campo. Se utilizaron dos sondas CTP de la siguiente forma:

- **Sonda Multímetro Seabird:** Durante el muestreo de julio 2007, se utilizó un perfilador de calidad de agua Seabird (SBE 19 plus SEACAT Profiler) para medir varios parámetros, incluyendo la profundidad, el oxígeno disuelto (OD), pH, temperatura, salinidad y SCUFA (aparato independiente subacuático fluorescente para medir el clorofila). Se mantenía el medidor en el fondo del perfil discreto durante un período de tres minutos para permitir que se equilibrara la sonda de oxígeno disuelto.
- **Sonda para Calidad de Agua Serie YSI-6 Multi-Parámetro (Medidor YSI):** Durante las sesiones de muestreo de octubre 2007, noviembre/diciembre 2007 y abril 2009, se utilizaron sondas YSI serie-6 multi-parámetros para medir la calidad de agua (multi-medidores YSI), midiendo varios parámetros, incluyendo profundidad, OD, pH, potencial de reducción de oxidación (PRO), temperatura, conductividad, salinidad, clorofila a y turbidez. Se utilizaron métodos de implementación tanto remotos como discretos.

## 2.8 CALIDAD DEL AGUA MARINA Y ESTUARINA

### 2.8.1 Fuentes de Datos

Las fuentes de datos que se utilizaron para caracterizar la calidad del agua marina y del estuario del sitio del puerto incluyeron lo siguiente:

- documentos publicados sobre la calidad del agua del Mar Caribe;
- muestreos de sedimentos suspendidos en el océano cerca del sitio del Puerto; y
- un programa de muestreo de calidad de agua de enero 2008 y junio 2008.

### 2.8.2 Datos Recolectados para la Línea Base

Se recogieron muestras de la calidad del agua marina en nueve sitios: seis sitios marinos mar adentro del sitio del Puerto y tres sitios en estuarios. Los seis sitios marinos estaban localizados a 100 m, 250 m y 500 m de distancia mar adentro del Puerto, y en un lugar mar adentro de los estuarios de cada uno de los Ríos Caimito Bajo, Petaquilla y Coclé del Norte (Figura 2-4). También se recogieron muestras de calidad de agua de tres puntos en los estuarios, uno dentro de los estuarios de cada uno de los Ríos Caimito Bajo, Petaquilla y Coclé del Norte (Figura 2-4). El estuario del Río Coclé del Norte y un punto mar adentro fuera de este estuario fueron



seleccionados como puntos de referencia, ya que se encuentran fuera del área potencialmente afectada por el Proyecto.

En cada sitio, se recogieron muestras de agua de 5 litros (L) a lo largo de un perfil de profundidad utilizando una botella Niskin de 10-L atada a una línea, según se indica en la Fotografía 2-9. Se recogieron muestras a intervalos de aproximadamente 5 m (o a media profundidad en casos de profundidades de menos de 5 m) por cada una de las muestras marinas localizadas cerca del sitio del puerto. Las muestras fueron recogidas a tres profundidades (cerca de la superficie del agua, a media profundidad, y cerca del lecho marino) por cada uno de los sitios de muestreo estuario, tanto en el estuario como en los lugares en aguas fuera del estuario. Las muestras fueron analizadas para varios parámetros físico-químicos, en un laboratorio acreditado en Canadá.

Se seleccionaron parámetros incluyendo los de las guías y regulaciones Panameñas e internacionales sobre calidad de agua (Sección 5.3 – Descripción del Proyecto del EsIA), los incluidos en pruebas geoquímicas y con base a la experiencia profesional (es decir, observaciones en proyectos similares). Los parámetros analizados fueron los siguientes:

- parámetros de campo – pH, potencial de reducción, temperatura de agua, conductividad eléctrica, salinidad, turbidez, y OD;
- perfil químico – alcalinidad total, dureza, demanda química de oxígeno (DQO), conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos (STD), sólidos totales en suspensión (STS) y pH;
- iones – calcio, magnesio, potasio, sodio, cloruro, fluoruro, sulfato, bicarbonato, carbonato e hidróxido;
- especies de nitrógeno – amoníaco, nitrato, nitrito, nitrógeno total orgánico (NTO), y nitrógeno total Kjeldahl (TNK);
- metales totales y disueltos, incluyendo:
  - aluminio, antimonio, arsénico, bario, berilio, bismuto, boro, cadmio, calcio, cromo, cobalto, cobre, hierro, plomo, litio, magnesio, manganeso, mercurio, molibdeno, níquel, fósforo, potasio, selenio, silicio, plata, sodio, estroncio, telurio, talio, torio, estaño, titanio, uranio, vanadio, zirconio;
  - los metales disueltos se determinan filtrando una muestra de agua con un filtro de 0.45 micrómetro ( $\mu\text{m}$ ); mientras el total de metales se determina utilizando una muestra de agua que no haya sido filtrada;
- elementos orgánicos – carbón orgánico disuelto, aceite y grasa (total e hidrocarburo) y fenoles; y
- cianuro (total y ácido débil disociado [ADD]).



**Fotografía 2-9 Recolección de Muestras de Calidad de Agua Marina Utilizando Botella Niskin de 10 Litros**

De la zona de oleaje se recogieron muestras del total de sólidos suspendidos. La zona de oleaje fue identificada en campo como la zona del océano entre el borde de la playa y la línea exterior extrema de las olas orientadas de manera paralela a la costa. Las muestras fueron recogidas utilizando una botella de muestreo Niskin de 10-L que se dejaba deslizar hasta el lecho marino desde el lado del bote a un punto medio aproximado entre la orilla y la línea exterior extrema de las olas. Se dejó caer un mensajero con el fin de cerrar la botella Niskin y la muestra se recogía dentro de 1 m del lecho marino. Al ser recuperada la botella de muestreo en el bote, la muestra se agitaba para encontrar el potencial asentamiento de los sólidos suspendidos durante su recuperación al bote, y se extraía una sub-muestra de 1 L de la botella Niskin y era dejada a un lado para el análisis de STS. Luego se limpiaba la botella Niskin, se volvía a abrir, y el equipo de campo se trasladaba al próximo sitio de muestreo.

## **2.9 CALIDAD DE SEDIMENTOS MARINOS Y DE ESTUARIO**

### **2.9.1 Fuentes de Datos**

Las fuentes de datos que se utilizaron para caracterizar la calidad de sedimentos marinos y de estuario en el sitio del puerto incluyen lo siguiente:

- documentos publicados sobre la calidad de sedimentos en el Mar Caribe;
- un programa de muestreo de sedimentos marinos llevado a cabo como parte del componente de la línea base de biología marina en abril 2009; y
- un programa de muestreo de sedimentos de estuario llevado a cabo en junio del 2008.

### **2.9.2 Datos Recolectados para la Línea Base**

Se recogieron muestras para la calidad de sedimentos marinos en siete sitios: cuatro sitios mar adentro frente al sitio del Puerto, y tres sitios en estuarios. Los cuatro sitios marinos estaban localizados cerca del Puerto (Figura 2-4). También se recogieron seis muestras para calidad de sedimentos en tres sitios de estuario, en los lados del mar y del estuario del banco de arena localizado en la desembocadura en la bahía de los Ríos Caimito Bajo, Petaquilla y Coclé del Norte (Figura 2-4). Las muestras fueron analizadas para varios parámetros físico-químicos (según los requisitos del gobierno Panameño) en un laboratorio acreditado en Canadá.

## **2.10 INTRUSIÓN SALINA DEL ESTUARIO**

### **2.10.1 Fuentes de Datos**

Las fuentes de datos utilizadas para caracterizar la intrusión salina del estuario cerca del sitio del puerto incluyeron lo siguiente:

- medición de caudal o flujo cerca de la desembocadura de los estuarios; y
- observaciones de la cuña de la intrusión salina durante los programas de campo.

### **2.10.2 Datos Recolectados para la Línea Base**

Los datos sobre la descarga de agua dulce y las observaciones de la cuña de la intrusión de sal iban a ser utilizados con fines de entender el potencial de la intrusión de agua salina al estuario de la parte baja del Río Caimito. La cuña de sal en el estuario

---

de la parte baja del Río Caimito fue delineada en la mañana del 21 de junio del 2008 utilizando un PACD de 1,200 kHz montado en bote, para medir la profundidad y las velocidades de flujo tri-dimensionales. La cuña de sal también fue observada en enero del 2008. La salinidad de estas capas fue medida utilizando una sonda de conductividad YSI (ver la descripción que contiene la Sección 2.7.2).



### **3 ANÁLISIS Y RESULTADOS**

#### **3.1 BATIMETRÍA Y EL FONDO MARINO**

##### **3.1.1 Resumen de la Revisión de las Publicaciones**

La disponibilidad de las cartas náuticas de las aguas del Mar Caribe frente a Punta Rincón no contiene suficientes detalles para obtener una caracterización de la Línea Base del sitio. Se disponía de datos digitales del Centro Nacional de Datos Geofísicos NOAA (CNDG) (batimetría global ETOPO1 a resolución de 1 minuto) para proporcionar una perspectiva regional sobre la profundidad del agua.

##### **3.1.2 Resultados de Campo**

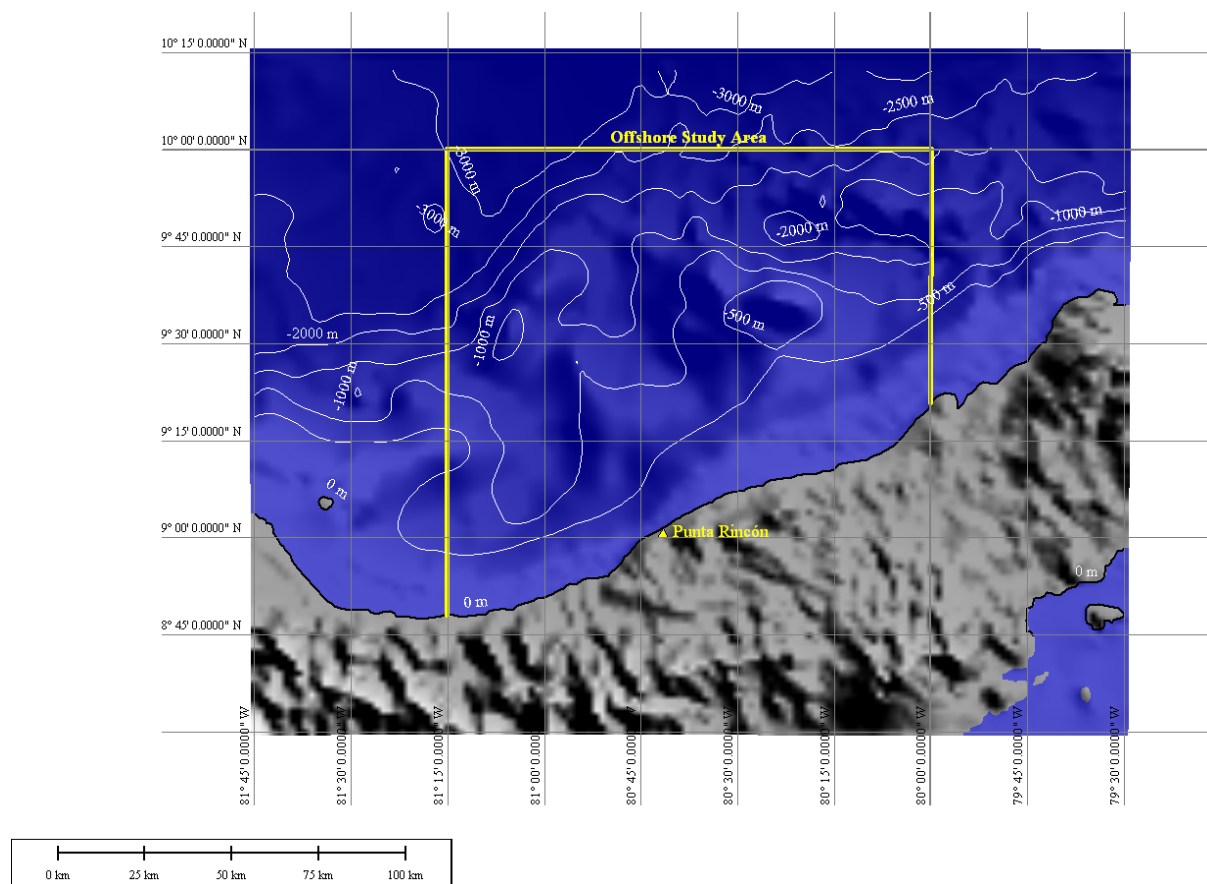
Se generó un modelo digital de elevación (MDE) de la batimetría del lecho marino para que se reflejaran las características topográficas del mar, los fondos duros, la tierra y las desembocaduras de los ríos o estuarios. La Figura 3-1 presenta la batimetría mar adentro, principalmente derivada del NGDC de NOAA.

Se generó un mapa batimétrico del área de estudio cercana a la costa, mediante la combinación de los datos de profundidad recogidos durante los estudios PACD del 10 y 16 de enero del 2008, con los datos batimétricos recopilados por el equipo de geofísicos de Golder (Golder 2008), y la interpolación entre los datos utilizando el sistema de información geográfica (SIG). La Figura 3-2 presenta la batimetría del área cercana a la costa, principalmente los estudios geofísicos y de oceanografía realizados por Golder.

##### **3.1.3 Análisis e Interpretación**

La batimetría del estudio de campo indica un lecho marino inclinado relativamente poco profundo desde la costa extendiéndose hasta una profundidad de unos 5 m (aproximadamente del 1% en promedio y un 5% en Punta Rincón). La pendiente del lecho marino aumenta hasta un 2% a profundidades entre 5 a 50 m. Los datos del lecho marino suministrados por el sonar de escaneo lateral revelaron un afloramiento de un arrecife rocoso a una profundidad de unos 20 m que se extiende unos 1,100 m paralelos a la costa cerca del Puerto. La bahía al oeste de Punta Rincón, Ensenada de Rincón, es el área menos profunda cerca del Puerto.

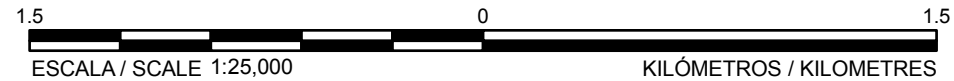
**Figura 3-1 Batimetría del Área de Estudio Mar Adentro**



Nota: km = kilómetro; m = metro.



 CARRETERA A LA COSTA PROPUESTA / PROPOSED COAST ROAD  
 CURVA DE NIVEL (INTERVALO 1 m) / CONTOUR (1 m INTERVAL)  
 CURVA DE NIVEL (INTERVALO 5 m) / CONTOUR (5 m INTERVAL)  
 TUBO DE ENTRADA/SALIDA / WATER INTAKE/OUTFALL  
 HUELLA DEL PROYECTO / PROJECT FOOTPRINT  
 LOCALIZACIÓN DEL PUERTO / PORT SITE\*



Los mapas topográficos preparados por el Instituto Geográfico Nacional, empleados bajo autorización.  
Proyección: UTM Zona 17 Sistema de Coordenadas: NAD 27  
Dato vertical: Las curvas de nivel son profundidades por debajo del nivel medio del mar (MSL).  
El nivel medio del mar se define como 10.84 metros debajo de la altura elipsoidal de la referencia.  
Topographic maps prepared by Instituto Geografico Nacional,  
used under license.  
Projection: UTM Zone 17 Datum: NAD 27  
Vertical Datum: Contours shown are depths below Mean Sea Level (MSL). MSL is defined as  
10.84 metres below the reference ellipsoidal height.

|                                                                                       |  |                                                                                                     |  |                                                                 |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------|--|
| PROYECTO<br>PROJECT                                                                   |  | Minera  Panamá |  | PROYECTO MINA DE COBRE PANAMÁ /<br>PROJECT MINA DE COBRE PANAMÁ |  |
| TÍTULO<br>TITLE                                                                       |  | BATIMETRÍA DEL ÁREA DE PUNTA RINCÓN /<br>BATHYMETRY OF PUNTA RINCÓN AREA                            |  |                                                                 |  |
|  |  | N° PROYECTO / PROJECT NO. 07-1334-0018                                                              |  | ESCALA SEGÚN MUESTRA /<br>SCALE AS SHOWN                        |  |
|                                                                                       |  | DISEÑO / DESIGN                                                                                     |  | JE 19 Feb./Feb. 2008                                            |  |
|                                                                                       |  | SIG / GIS                                                                                           |  | TL 01 Abr./Apr. 2010                                            |  |
|                                                                                       |  | VERIFICACIÓN / CHECK                                                                                |  | BD 20 May./May 2010                                             |  |
|                                                                                       |  | REVISIÓN / REVIEW                                                                                   |  | MR 20 May./May 2010                                             |  |
|                                                                                       |  | <b>FIGURA /</b><br><b>FIGURE: 3-2</b>                                                               |  |                                                                 |  |

## 3.2 MAREAS Y NIVELES DE AGUA

### 3.2.1 Resumen de la Revisión de las Publicaciones

Las proyecciones de mareas en Colón, Panamá (618965 Este, 1033665 Norte) fueron obtenidos de NOAA Mareas y Corrientes (NOAA 2008b, sitio de Internet). El dato sobre las elevaciones de la marea en Colón (Atlántico) es el nivel bajo medio del agua determinado por el Estudio de Costas y Geodésico de los Estados Unidos como 0.122 por debajo del nivel medio de mar en Colón (Autoridad del Canal de Panamá del 2008, sitio de Internet). Con base en las elevaciones medias de las mareas para un período de 19 años, desde 1916 hasta 1934, el nivel medio y bajo del agua en Colón es equivalente a 0.117 m del Dato del Nivel de Referencia del Canal de Panamá (Autoridad del Canal de Panamá 2008, sitio en Internet).

Los datos de la Línea Base indican que el sitio del puerto está expuesto a mareas mixtas, predominantemente diurnas. Las alturas de referencia de la marea para Colón son presentadas en la Tabla 3-1.

**Tabla 3-1 Márgenes de Marea y Nivel Medio del Agua para Colón, Panamá**

| <b>Altura de la Marea de Referencia<sup>(a)</sup></b> | <b>Elevación (m, en Relación al dato)</b> |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| margen medida de la marea (m)                         | 0.21                                      |
| margen grande de la marea (m)                         | 0.34                                      |
| nivel medio de la marea (m)                           | 0.12                                      |

<sup>(a)</sup> El dato para las elevaciones de las mareas en Colón (Atlántico) es el nivel bajo medio del agua que ha sido determinado por el Estudio de Costas y Geodésico de los EEUU como 0.122 m por debajo del nivel medio del mar en Colón.

Nota: m = metro.

Además, las proyecciones de las mareas están disponibles utilizando el modelo global de mareas MIKE 21 (manual DHI, MIKE 21). La ventaja de estas proyecciones es la facilidad de su uso con el modelo hidrodinámico. Se determinó que las proyecciones MIKE 21 sobre las mareas son muy similares a los de la Autoridad del Canal de Panamá, de manera que fueron utilizados en el análisis de modelos.



### 3.2.2 Resultados de Campo

Dos registros de las mareas en Punta Rincón estaban disponibles para la comparación de las proyecciones de mareas del modelo global de mareas MIKE 21 en el sitio:

- **Nivel de Mareas y Agua en Enero del 2008:** Las mareas previstas y los datos registrados sobre mareas en Punta Rincón para el período del 9 al 17 de enero del 2008 fueron trazados en cuadrícula (Figura 3-3). Durante este período, las elevaciones de la marea se encontraban dentro del margen de -0.20 a 0.32 metros sobre el nivel del mar (msnm). Los niveles de agua fueron medidos por una unidad PACD montada en la parte inferior de un bote (Sandwell 2009a). Los niveles registrados de marea se comparan bien con las proyecciones de MIKE 21 en el sitio. Las mareas son predominantemente diurnas durante este período.
- **Nivel de Mareas y Agua en Junio del 2008:** Los datos sobre mareas previstas y mareas registradas en el sitio del PACD este para el período del 17 al 21 de junio del 2008 fueron trazados en cuadrícula (Figura 3-4). Durante este período, las elevaciones de las mareas se encontraban dentro del margen de -0.24 m a 0.22 msnm. Los niveles de agua fueron medidos por tres unidades PACD montados en la parte inferior de un bote, desde el 17 al 21 de junio del 2008; sin embargo, por simplicidad se presenta solamente un registro. El PACD de Punta Rincón presenta datos imprecisos durante los días 2 y 3 de su implementación. Las mareas registradas se comparan bien con las proyecciones del modelo de mareas MIKE 21. Durante este período las mareas son predominantemente diurnas en el sitio.

### 3.2.3 Análisis e Interpretación

El margen medio de marea en Colón, Panamá, es de 0.21 m, y el margen de mareas grandes es de 0.34 m. En la comparación entre las mareas previstas en Colón y las previstas por el modelo global de mareas MIKE 21, se puede decir que en general las mismas concuerdan bien.

La comparación de datos indica que las mareas previstas en Colón por el modelo de mareas MIKE 21 representan con exactitud la amplitud y variación de mareas en Punta Rincón. Se espera que el margen de las mareas pequeñas tenga solamente un efecto pequeño sobre las corrientes a lo largo de la costa y en el sitio.

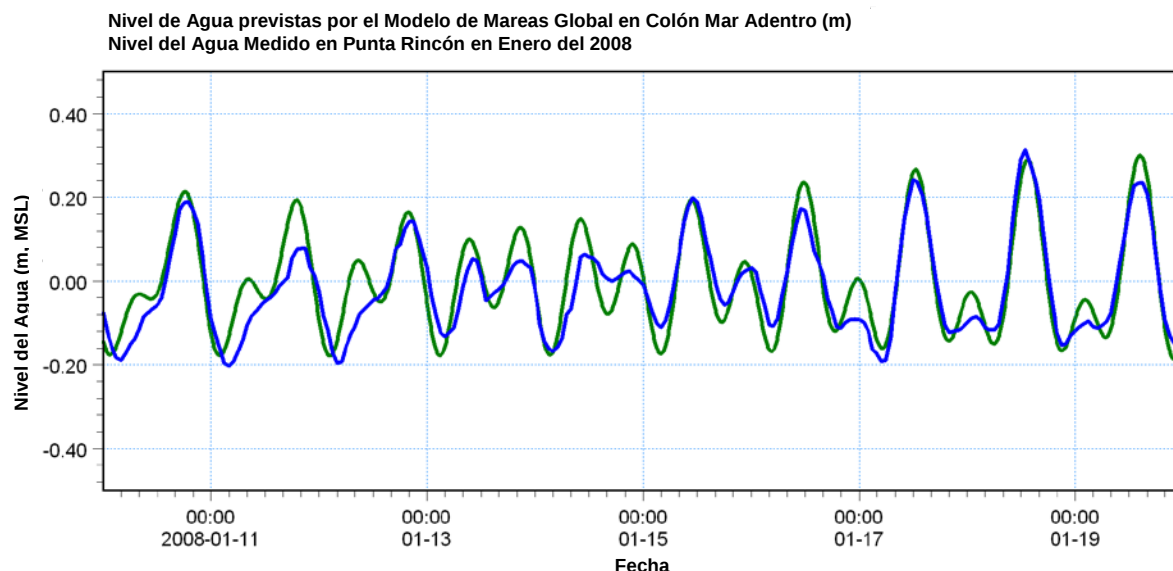
### 3.3 CORRIENTES MARINAS

#### 3.3.1 Resumen de la Revisión de las Publicaciones

El Mar Caribe es un mar semi-encerrado, localizado entre Norteamérica y Suramérica y delimitado por Centroamérica por el oeste. La cadena de islas estrechamente agrupadas, bancos y capas intrusas de las islas de las Antillas separan el Caribe del Océano Atlántico, actuando como filtro o tamiz para la entrada de agua desde Atlántico (Gyory et al. 2008).

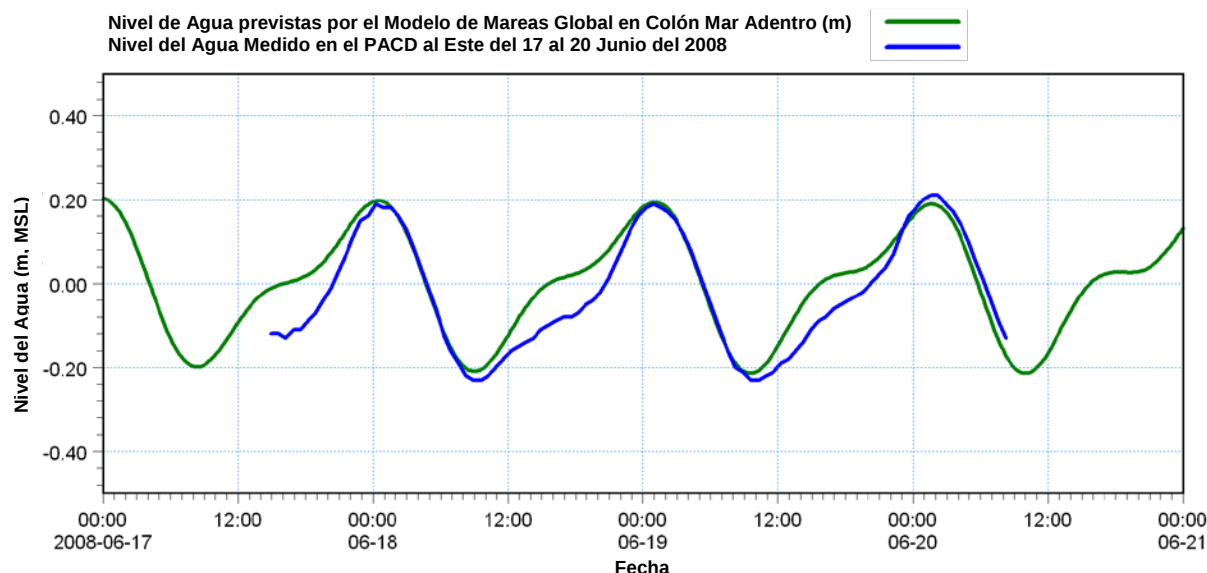
La Corriente del Caribe transporte grandes cantidades de agua hacia el noroeste a través del Mar Caribe al Golfo de México. El flujo más fuerte en el Caribe está localizado en la tercera parte al sur del mismo, y corresponde a la Corriente del Caribe (Kinder 1983), donde las velocidades superficiales más altas pueden alcanzar los 0.7 metros por segundo (m/s) en las costas de Venezuela y las Antillas Holandesas (Fratantoni 2001). También existen fuertes corrientes (0.6 m/s) a lo largo de las costas Panameñas y Colombianas.

**Figura 3-3 Comparación de las Elevaciones de Marea Previstas con Base al Modelo MIKE 21 y Niveles del Agua Medidos en Punta Rincón en Enero 2008**



Notas: m = metro; NMM = nivel medio de mar.

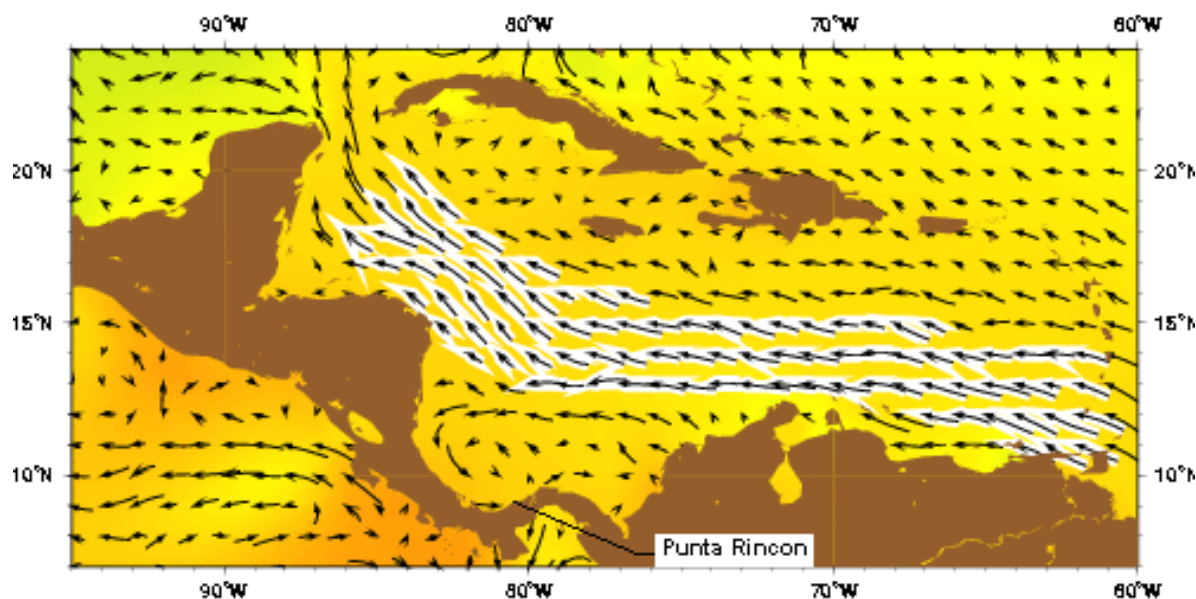
**Figura 3-4 Comparación de las Elevaciones Previstas de Marea del Modelo MIKE 21 y los Niveles de Agua Medidos en Punta Rincón en Junio del 2008**



Notas: m = metro; NMM = nivel medio de mar.

En el área frente a Panamá conocida como la Costa de los Mosquitos ( $82^{\circ}$ Oeste), Molinari et al. (1981) identificó una circulación de las agujas del reloj, que contrastaba con la descripción por Wust (1964) de un flujo en dirección contraria a las manecillas del reloj, pero boyas sueltas implementadas por Kinder (1983) demostraron claramente una circulación en dirección contraria a las manecillas del reloj dentro de esta área. Por lo tanto, Kinder sugirió que, a pesar de la frecuente aparición de remolinos en la Costa de los Mosquitos, no existe un giro permanente poco profundo. El resumen de los documentos publicados sostiene que existen corrientes variables a lo largo de la costa de Panamá cerca al sitio del Proyecto. Corrientes contrarias a las manecillas del reloj (oeste a este) han sido registradas con mayor frecuencia a lo largo de la costa con velocidades de hasta 0.60 m/s, pero también se han medido corrientes en la dirección opuesta. La fuerza impulsora de las corrientes parece ser un remolino a gran escala que ocurre de manera variable en la Cuenca de Colombia (Figura 3-5).

**Figura 3-5 Corrientes a Gran Escala en el Mar Caribe**



Fuente: Gyory et al. 2008

### 3.3.2 Resultados de Campo

En general, las corrientes marinas son afectadas por cuatro fenómenos: olas de largo período procedentes de las aguas mar adentro, los vientos, las mareas, y las corrientes marinas de mayor escala. Aunque existe poca información disponible sobre la contracorriente Caribeña de mayor escala en el sitio, los efectos de estos fenómenos sobre las corrientes marinas en el sitio del puerto fueron abordados mediante la recolección de datos de campo.

#### 3.3.2.1 Corrientes Medidas en Enero del 2008

Los días 11 y 16 de enero del 2008 se llevaron a cabo estudios detallados de las corrientes, utilizando una unidad PACD montada en un bote, así como medidores de corrientes. Además, durante este período algunos datos estaban disponibles de la unidad PACD (Sandwell 2009a) montada en la parte inferior de un bote. La Tabla 3-2 presenta un resumen de las condiciones observadas de viento y olas y las mediciones de las corrientes entre los días 10 y 16 de enero del 2008.

El 11 de enero del 2008 se hicieron dos cortes transversales de las corrientes con velocidades y direcciones trazadas en cuadrícula presentadas en la Figura 3-6 para corrientes de hasta 13 m de profundidad; en la Figura 3-7 para profundidades de 13 m a 20 m, y la Figura 3-8 para profundidades mayores de 20 m. La corriente cerca de la



superficie (en los 13 m superiores) se movía en dirección este-noreste (aproximadamente paralelo a la costa) a una velocidad promedio de 0.1 m/s. La corriente (entre 13 y 28 m) se movía en dirección este-noreste a una velocidad promedio de 0.04 m/s. La zona inferior, a una profundidad de 28 m a 43 m, se movía en dirección oeste-suroeste, en dirección opuesta a las aguas cercanas a la superficie a una velocidad promedio de 0.07 m/s. Una vista del perfil de la dirección de corriente para la sección transversal 2 del 11 de enero del 2008 se presenta en la Figura 3-9 e indica la variación de la dirección de la corriente según la profundidad del agua.

El 16 de enero del 2008 se hicieron estudios de cinco cortes transversales de las corrientes, cubriendo aproximadamente 8 km de la costa desde Rinconcito hasta aproximadamente 1 km al este de la parte baja del Río Caimito. Durante este estudio, las corrientes superficiales (los 7 m superiores) formaban remolinos a gran escala con flujo hacia el mar localizado en Punta Rincón. Se encontró que existe un pequeño remolino en la Ensenada del Rincón al oeste de Punta Rincón. Según las mediciones las corrientes más profundas (7 a 32 m) fluyen en dirección norte-noreste a una velocidad promedio de 0.1 m/s como se muestra en la Figura 3-10. Dos medidores de corrientes implementados confirmaron el patrón de remolino al este de Punta Rincón. La trayectoria del medidor de corriente también se muestra en la Figura 3-10. La Figura 3-11 presenta el perfil de la dirección de corriente para la sección transversal 2 del 16 enero del 2008. Esta vista de perfil muestra que la corriente cercana a la orilla está orientada hacia el suroeste a lo largo de la costa, mientras que el agua más profunda fluye en dirección este-noreste (Figura 3-11).

Aunque el viento y las olas venían del nor-noreste durante los dos estudios, las corrientes medidas cada día fueron significativamente diferentes. La altura media de la ola los días 11 y 16 de enero del 2008 fue medida como 0.7 m y 1.0 m, respectivamente. Los remolinos observados el 16 de enero del 2008 ocurrieron cuando la altura promedio de ola de las olas durante un período largo fue mayor de 1.0 m y el período de la ola fue mayor de 8 segundos (sec). La variación en la altura de las olas constituyó la única diferencia significativa entre los dos días.

Tabla 3-2    Resumen de Viento, Oleajes y Corrientes Observados del 10 al 16 Enero 2008

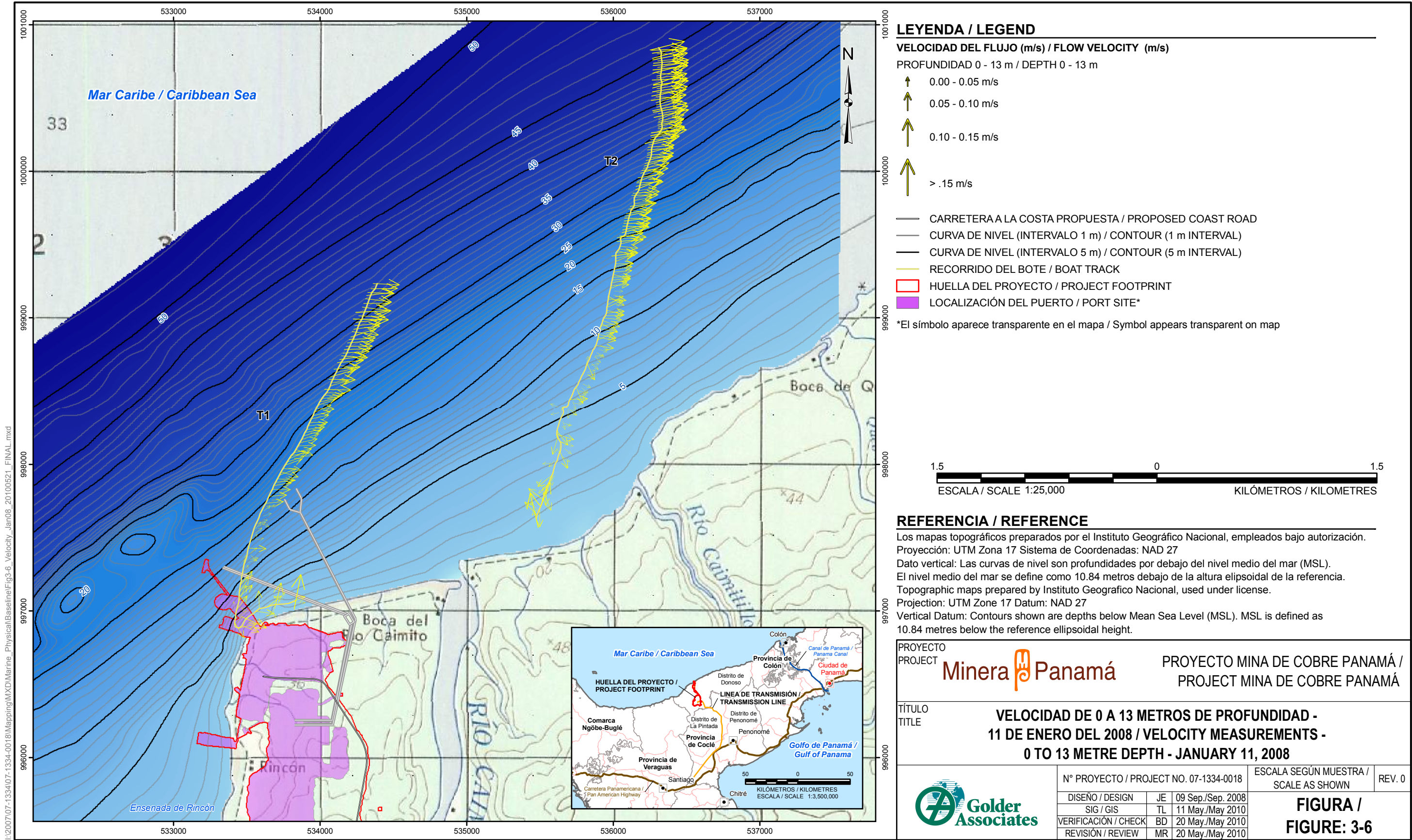
| Fecha                                                         |                                        | Enero del 2008                    |                                  |                   |                   |                   |                   |                              |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|
|                                                               |                                        | 10                                | 11                               | 12                | 13                | 14                | 15                | 16                           |
| vientos locales<br>(diurnos) <sup>(a)</sup>                   | velocidad promedio<br>[m/s]            | 3.3                               | 2.2                              | 2.8               | 3.5               | 4.9               | 3.8               | 3.1                          |
|                                                               | dirección promedio diaria<br>[desde]   | oeste                             | oeste                            | oeste             | suroeste          | oeste             | suroeste          | noroeste                     |
| olas<br>(diurnos) <sup>(a)</sup>                              | promedio diario H <sub>s</sub><br>[m]  | 0.9                               | 0.7                              | 0.5               | 0.6               | 0.7               | 1.1               | 1.0                          |
|                                                               | promedio diario Tp<br>[sec]            | 8.0                               | 7.0                              | 5.9               | 3.9               | 4.9               | 6.1               | 8.0                          |
|                                                               | dirección promedio diaria<br>[desde]   | norte                             | norte                            | noreste           | oeste             | noroeste          | norte             | norte                        |
| Corrientes superficiales promedio<br>(diurnos) <sup>(a)</sup> | velocidad en capa superficial<br>[m/s] | 0.12<br>(BM PACD <sup>(b)</sup> ) | 0.1<br>(VM PACD <sup>(c)</sup> ) | 0.12<br>(BM PACD) | 0.22<br>(BM PACD) | 0.09<br>(BM PACD) | 0.25<br>(BM PACD) | remolinos formados (VM PACD) |
|                                                               | dirección<br>[desde]                   | suroeste                          | oeste/suroeste                   | noreste           | noreste           | noreste           | suroeste          | -                            |
| capa superficial                                              | profundidad<br>[m]                     | 13                                | 13                               | 13                | 9                 | 13                | 8                 | 7                            |

<sup>(a)</sup> Los vientos, las olas y corrientes presentados corresponden a horario diurno reflejando el período de tiempo de recolección de datos.

<sup>(b)</sup> Perfilador acústico de corrientes Doppler (PACD). Montado en la parte inferior del bote.

<sup>(c)</sup> PACD montado en bote.

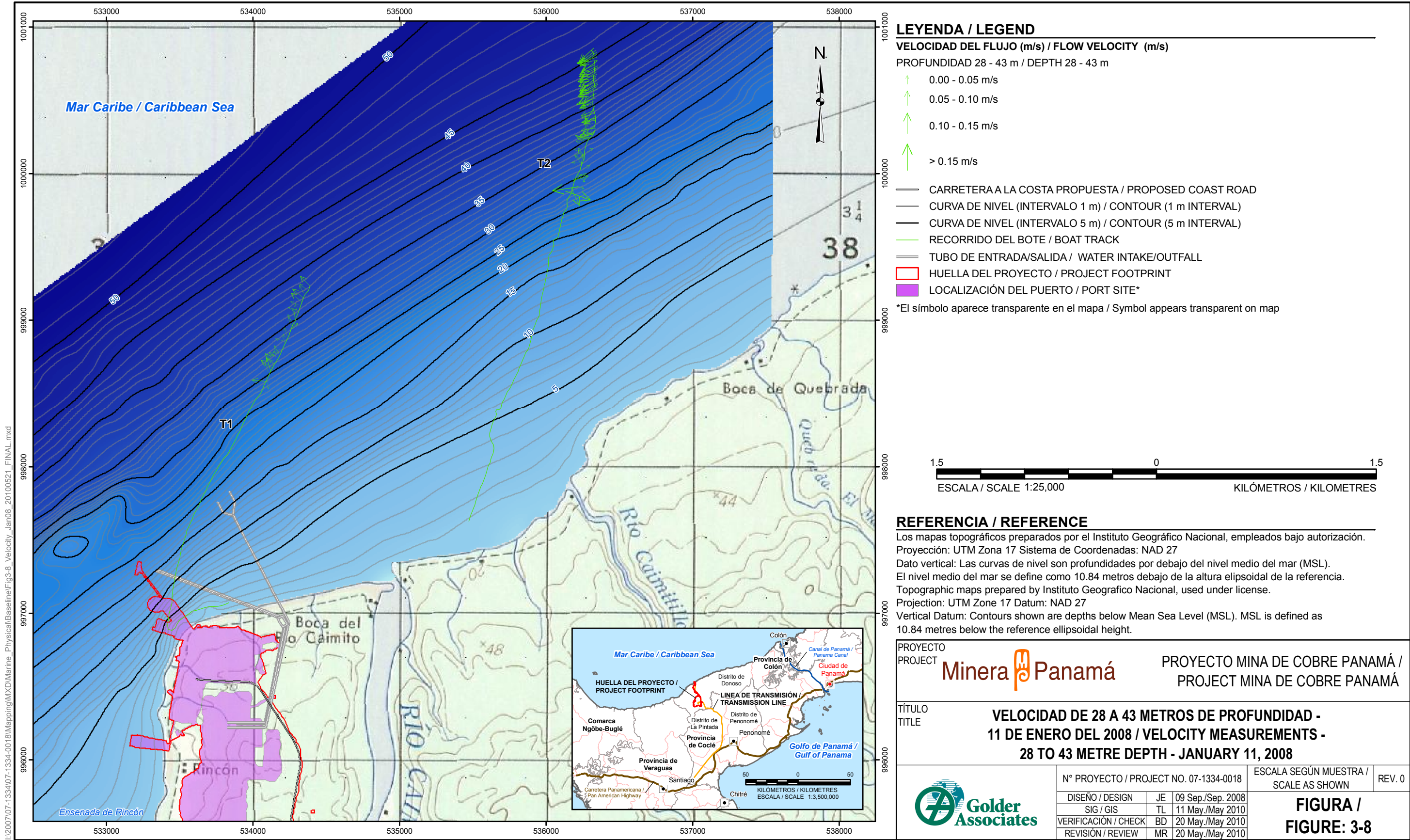
Notas: m/s = metros por segundo; H<sub>s</sub> = altura significativa de las olas; m = metro; sec = segundo; Tp = período máximo de las olas; - = no hay datos disponibles.





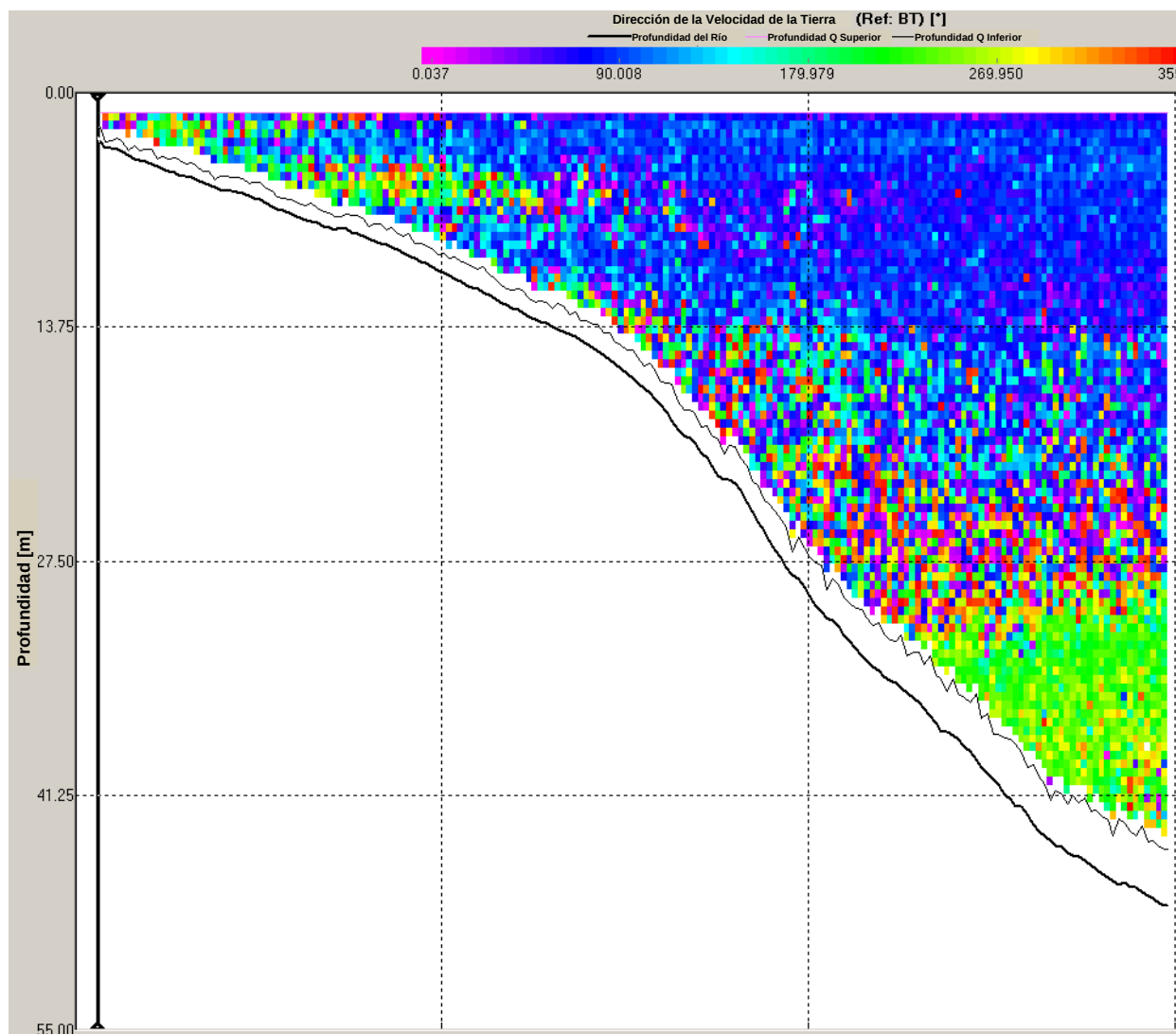






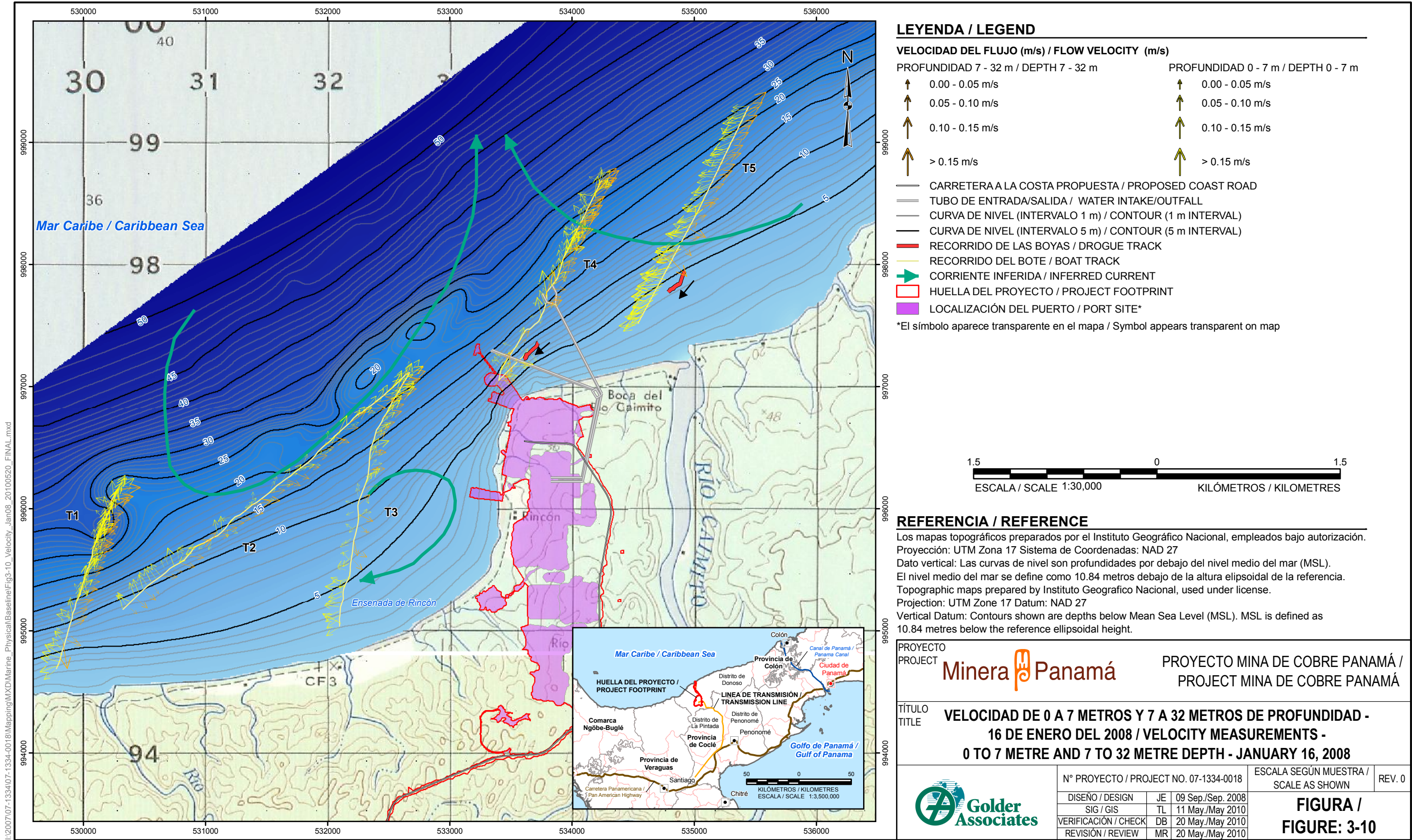
I:\2007\07-1334\07-1334-0018\Mapping\MXD\Marine\_Physical\Baseline\Fig3-8\_Velocity\_Jan08\_20100521\_FINAL.mxd

**Figura 3-9 Perfil de la Dirección de la Corriente a lo largo de la Sección Transversal 2- Enero 11, 2008**  
(0° es el Norte y 90° es el Este)



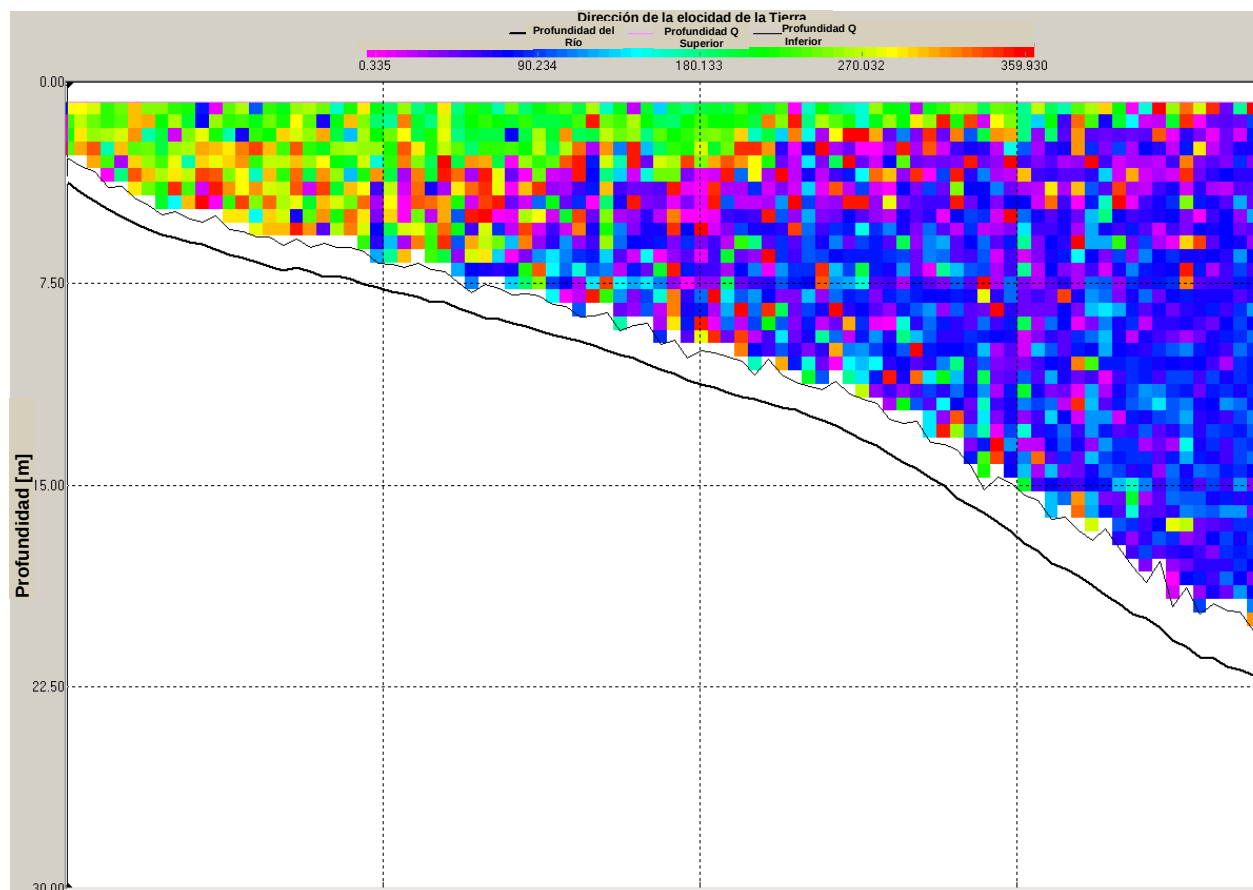
Notas: m = metro; Q = flujo de la corriente.





I:\2007\07-1334\07-1334-0018\Mapping\MXD\Marine\_Physical\Baseline\Fig3-10\_Velocity\_Jan08\_20100520\_FINAL.mxd

**Figura 3-11 Perfil de la Dirección de la Corriente a lo Largo de la Sección Transversal 2 - Enero 16, 2008**  
(0° es el Norte y 90° es el Este)



Notas: m = metro; Q = flujo de la corriente.

En enero del 2008 las corrientes en el sitio del puerto en Punta Rincón también fueron medidas en un sitio y a una profundidad de 15.2 m (Sandwell 2009a; Figura 3-12). La velocidad promedio medida fue cerca de 0 hasta 0.5 m/s. Las direcciones variaban significativamente, pero predominantemente (alrededor de un 70% del tiempo) fueron al norte-noreste. Con base al examen de los datos presentados en la Tabla 3-2, se observó que las corrientes de superficie registradas por el PACD de Sandwell montado en la parte inferior del bote, los días 10 y 15 de enero del 2008, iban en la misma dirección que el flujo mar adentro observado durante la formación de remolino el 16 de enero del 2008 (Tabla 3-2). Las condiciones de la ola durante estos dos días variaron entre 0.9 y 1.1 m de altura promedio de ola, con períodos máximos promedio de 8.0 y 6.1 segundos, respectivamente.



Las corrientes superficiales del 12, 13 y 14 de enero del 2008 no parecían seguir las direcciones del viento ni de la ola. El período del 12 al 14 de enero coincidió con un período de menor período de la ola (promedio entre 3.9 y 5.9 s) y vientos locales más altos (promedio entre 2.8 y 4.9 m/s), un período que fue dominado más por olas de vientos generados localmente que el oleaje mar adentro.

### 3.3.2.2 Corrientes Medidas en Junio del 2008

La Tabla 3-3 presenta el resumen de los datos sobre viento, olas y corrientes medidos entre el 17 y el 20 de junio del 2008.

**Tabla 3-3 Resumen de Viento, Oleaje y Corrientes Observados del 17 al 20 de Junio del 2008**

| Fecha                                    |                                         | Junio del 2008                 |                             |                                |               |
|------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|---------------|
|                                          |                                         | 17                             | 18                          | 19                             | 20            |
| vientos locales (diurnos) <sup>(b)</sup> | velocidad promedio: [m/s]               | 4.4                            | 3.1                         | 2.7                            | 3.3           |
|                                          | dirección promedio: [from]              | noreste                        | suroeste                    | oeste                          | oeste         |
| olas (diurnos) <sup>(b)</sup>            | Hs promedio: [m]                        | 0.5                            | 0.7                         | 0.7                            | 0.7           |
|                                          | Tp promedio: [s]                        | 7.7                            | 8.1                         | 8.5                            | 8.0           |
|                                          | dirección promedio: [desde]             | norte                          | norte                       | norte                          | norte         |
| corrientes (diurnas) <sup>(b)</sup>      | velocidad en la capa superficial: [m/s] | 0.11 (BM PACD <sup>(c)</sup> ) | 0.17 (medidor de corriente) | 0.17 (VM PACD <sup>(a)</sup> ) | 0.3 (BM PACD) |
|                                          | dirección: [desde]                      | noreste                        | suroeste                    | suroeste                       | suroeste      |
| capa superficial                         | profundidad: [m]                        | 5                              | 10                          | 18                             | 7             |

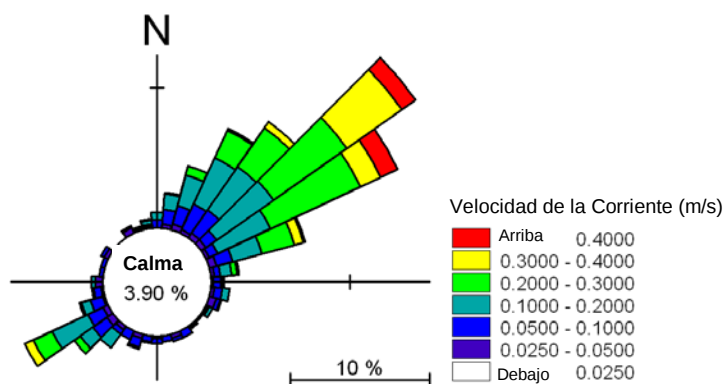
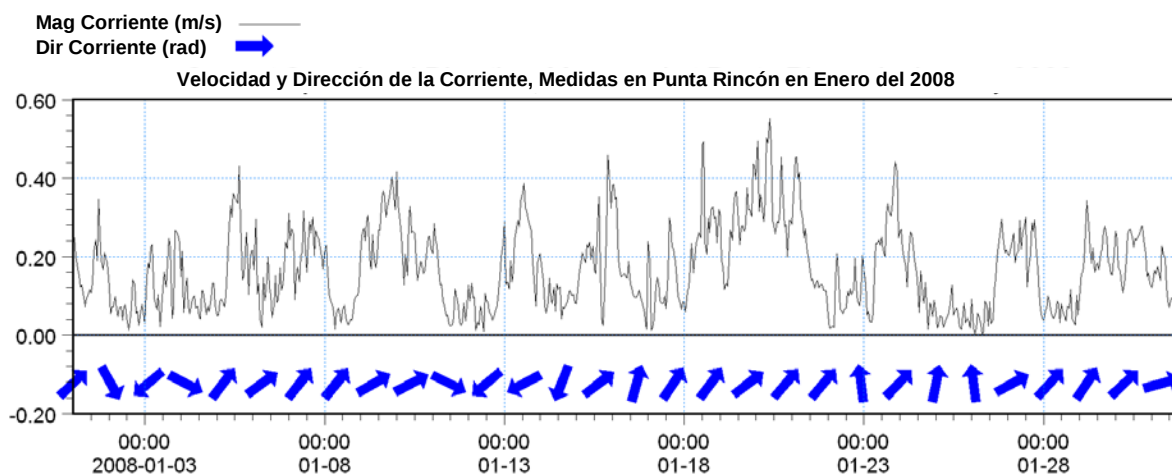
<sup>(a)</sup> Perfilador acústico de corrientes Doppler montado en bote (PACD).

<sup>(b)</sup> Los vientos, las olas y corrientes presentados corresponden a horas diurnas y reflejan el período de tiempo de la recolección de datos

<sup>(c)</sup> PACD montado en la parte inferior del bote.

Notas: m/s = metros por segundo; H<sub>s</sub> = altura significativa de las olas; m = metro; T<sub>p</sub> = período máximo de las olas.

**Figura 3-12 Corrientes en el Sitio del Proyecto de Punta Rincón, Medidas en Enero del 2008 por el Perfilador Acústico de Corrientes Doppler Montado en la Parte Inferior del Bote**



Notas: % = %, m/s = metros por segundo, rad = radio; N = Norte.

El 19 de junio del 2008 se hicieron tres cortes transversales de las corrientes. Las velocidades de corriente variaban según la profundidad y fueron trazadas en cuadrícula vista en planta de las aguas superficiales en la Figura 3-13, y para aguas profundas en la Figura 3-14.









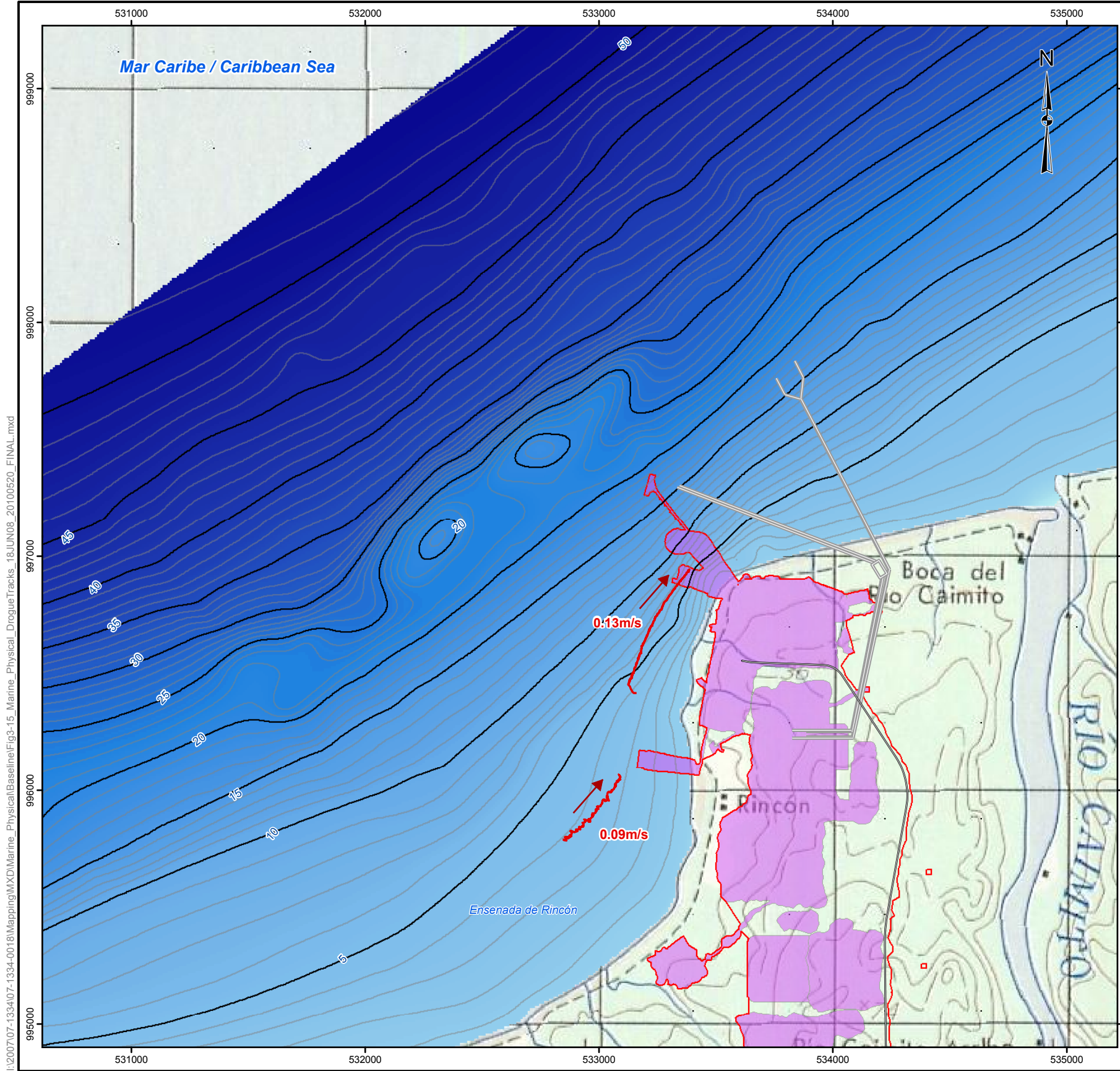
Similar a lo observado durante el programa de campo de enero, el viento en junio afectó las corrientes cercanas a la superficie mientras que las corrientes más profundas se movían en dirección opuesta. Se observó que el aumento en la velocidad de viento el día 19 de junio aumentó la velocidad de la corriente superficial (de 0.25 a 0.35 m/s) además de la profundidad total de las corrientes de superficiales (de 9 m a 10 m). Este es un fenómeno común que ocurre cuando la profundidad y velocidad de las corrientes superficiales son afectadas por la velocidad y duración del viento.

Se implementaron medidores de corrientes en Punta Rincón y en la bahía al suroeste de Punta Rincón para verificar las mediciones de corriente por el PACD. Los resultados de los medidores de corrientes liberados los días 18 y 19 de junio del 2008 se presentan en las Figuras 3-15 y 3-16, respectivamente. El 18 de junio del 2008 los medidores de corrientes se trasladaron de suroeste a noreste a lo largo de la costa a una velocidad promedio de 0.1 m/s. El 19 de junio del 2008 los medidores de corrientes se trasladaron de suroeste a noreste a lo largo de la costa. Los dos medidores de corrientes liberados en aguas poco profundas al suroeste de Punta Rincón parecían estar siendo arrastrados por el fondo. El medidor de corrientes liberado en Punta Rincón el día 19 de junio se movió al noreste a lo largo de la costa a una velocidad promedio de unos 0.3 m/s. Las mediciones del medidor de corrientes confirman tanto la dirección como la velocidad de la corriente medidas por el PACD el 19 de junio.

La altura promedio significativa de las olas registradas durante el programa de campo en junio fueron 0.7 m el 18 y 19 de junio, con períodos de ola que variaban entre 7.7 y 8.5 s. Los datos presentados en la Tabla 3-3 muestran que para todos los días del programa de campo en junio, las corrientes superficiales medidas estaban estrechamente alineadas con la dirección del viento.

Tres unidades de PACD montadas en la parte inferior de un bote fueron implementadas el 17 de junio, y recuperadas el día 21 de junio del 2008, para registrar de manera continua las olas, las corrientes y los niveles de agua. Los puntos de implementación de los PACDs se muestran en la Figura 2-4. Con base en los registros de los PACD, las corrientes fueron analizadas y resumidas de la siguiente manera:

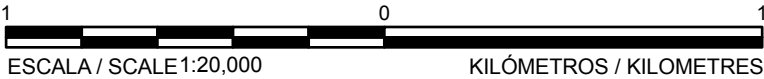
- La velocidad de la corriente, la dirección y la corriente aumentó en el PACD de Punta Rincón, medidas del 17 al 21 de junio del 2008, a una profundidad de dispositivo de 8.75 m, están en un margen de corriente de 0.00 a 0.32 m/s con promedio de 0.14 m/s (Figura 3-17).
- Las velocidades de la corriente, direcciones y la corriente aumentó al oeste de Punta Rincón (PACD oeste), medidas del 17 al 21 de junio del 2008 a una profundidad de dispositivo de 10.41 m, están en un margen de corriente de 0.02 a 0.40 m/s con promedio de 0.20 m/s (Figura 3-18).



LEYENDA / LEGEND

- CARRETERA A LA COSTA PROPUESTA / PROPOSED COAST ROAD
- CURVA DE NIVEL (INTERVALO 1 m) / CONTOUR (1 m INTERVAL)
- CURVA DE NIVEL (INTERVALO 5 m) / CONTOUR (5 m INTERVAL)
- RECORRIDO DE LAS BOYAS / DROGUE TRACK
- TUBO DE ENTRADA/SALIDA / WATER INTAKE/OUTFALL
- HUELLA DEL PROYECTO / PROJECT FOOTPRINT
- LOCALIZACIÓN DEL PUERTO / PORT SITE\*

\*El símbolo aparece transparente en el mapa / Symbol appears transparent on map

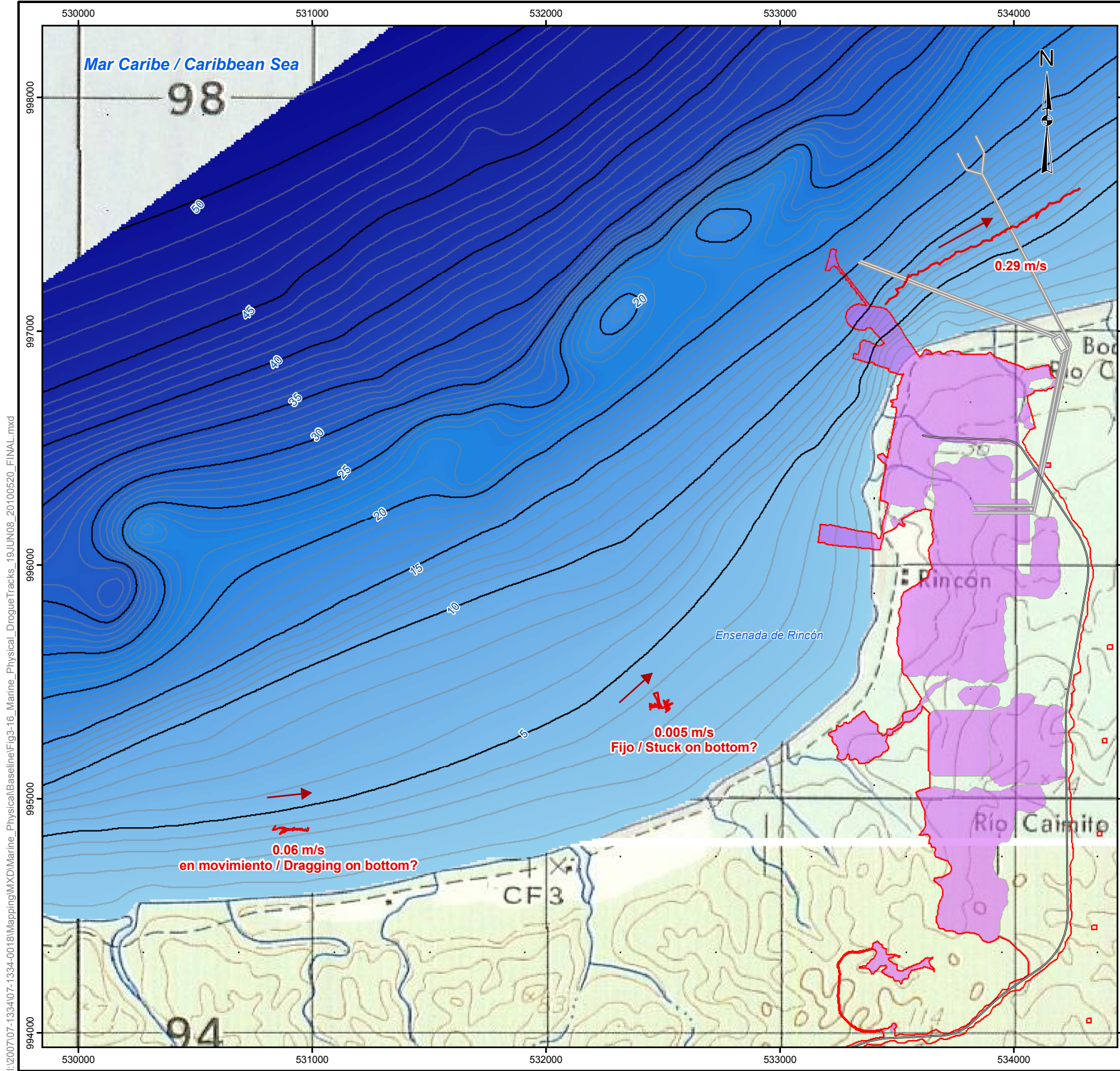


REFERENCIA / REFERENCE

Los mapas topográficos preparados por el Instituto Geográfico Nacional, empleados bajo autorización.  
Proyección: UTM Zona 17 Sistema de Coordenadas: NAD 27  
Dato vertical: Las curvas de nivel son profundidades por debajo del nivel medio del mar (MSL).  
El nivel medio del mar se define como 10.84 metros debajo de la altura elipsoidal de la referencia.  
Topographic maps prepared by Instituto Geografico Nacional, used under license.  
Projection: UTM Zone 17 Datum: NAD 27  
Vertical Datum: Contours shown are depths below Mean Sea Level (MSL). MSL is defined as 10.84 metres below the reference ellipsoidal height.

|                                                                                                    |  |                                                                                       |  |                                                                 |                                          |                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------|
| PROYECTO<br>PROJECT                                                                                |  |  |  | PROYECTO MINA DE COBRE PANAMÁ /<br>PROJECT MINA DE COBRE PANAMÁ |                                          |                          |
| TÍTULO<br>TITLE                                                                                    |  |                                                                                       |  |                                                                 |                                          |                          |
| RECORRIDO DE LOS MEDIDORES DE CORRIENTES – 18 DE JUNIO<br>DEL 2008 / DROGUE TRACKS - JUNE 18, 2008 |  |                                                                                       |  |                                                                 |                                          |                          |
|               |  | N° PROYECTO / PROJECT NO. 07-1334-0018                                                |  |                                                                 | ESCALA SEGÚN MUESTRA /<br>SCALE AS SHOWN | REV. 0                   |
|                                                                                                    |  | DISEÑO / DESIGN                                                                       |  | JE                                                              | 19 Feb./Feb. 2008                        | FIGURA /<br>FIGURE: 3-15 |
|                                                                                                    |  | SIG / GIS                                                                             |  | TL                                                              | 01 Abr./Apr. 2010                        |                          |
|                                                                                                    |  | VERIFICACIÓN / CHECK                                                                  |  | BD                                                              | 20 May./May 2010                         |                          |
|                                                                                                    |  | REVISIÓN / REVIEW                                                                     |  | MR                                                              | 20 May./May 2010                         |                          |

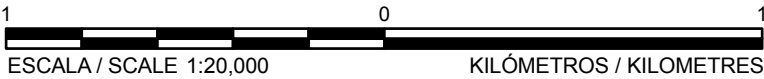




LEYENDA / LEGEND

- CARRETERA A LA COSTA PROPUESTA / PROPOSED COAST ROAD
- CURVA DE NIVEL (INTERVALO 1 m) / CONTOUR (1 m INTERVAL)
- CURVA DE NIVEL (INTERVALO 5 m) / CONTOUR (5 m INTERVAL)
- RECORRIDO DE LAS BOYAS / DROGUE TRACK
- TUBO DE ENTRADA/SALIDA / WATER INTAKE/OUTFALL
- HUELLA DEL PROYECTO / PROJECT FOOTPRINT
- LOCALIZACIÓN DEL PUERTO / PORT SITE\*

\*El símbolo aparece transparente en el mapa / Symbol appears transparent on map



REFERENCIA / REFERENCE

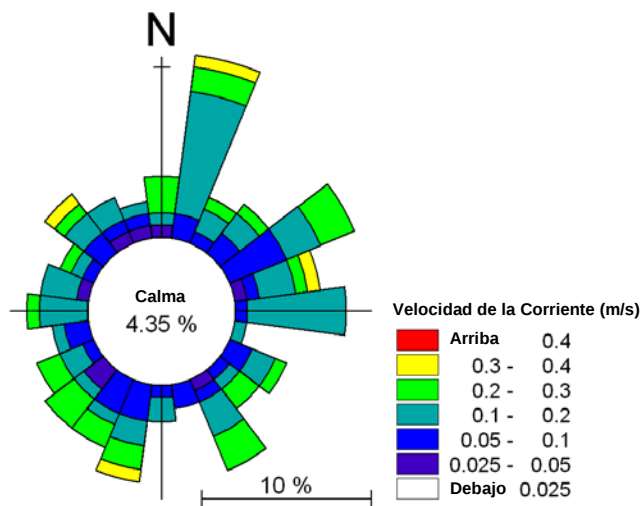
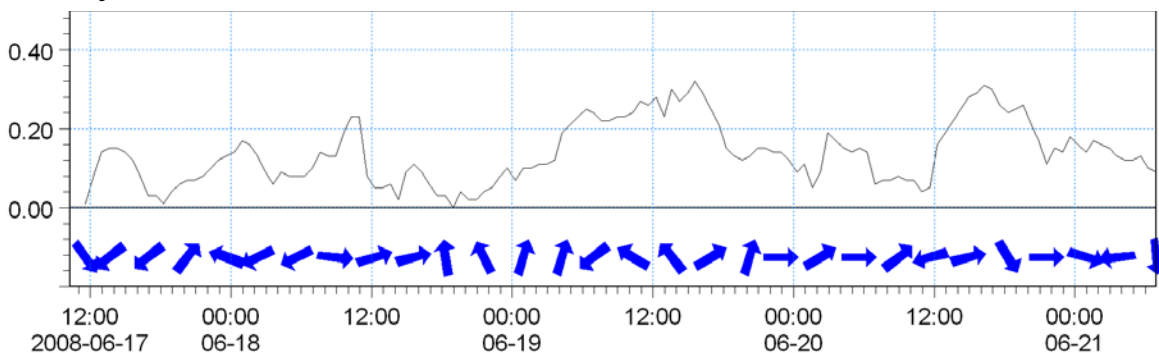
Los mapas topográficos preparados por el Instituto Geográfico Nacional, empleados bajo autorización.  
Proyección: UTM Zona 17 Sistema de Coordenadas: NAD 27  
Dato vertical: Las curvas de nivel son profundidades por debajo del nivel medio del mar (MSL).  
El nivel medio del mar se define como 10.84 metros debajo de la altura elipsoidal de la referencia.  
Topographic maps prepared by Instituto Geografico Nacional, used under license.  
Projection: UTM Zone 17 Datum: NAD 27  
Vertical Datum: Contours shown are depths below Mean Sea Level (MSL). MSL is defined as 10.84 metres below the reference ellipsoidal height.

|                                                                                                    |  |                                                                                       |  |                                                                 |                                          |                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------|
| PROYECTO<br>PROJECT                                                                                |  |  |  | PROYECTO MINA DE COBRE PANAMÁ /<br>PROJECT MINA DE COBRE PANAMÁ |                                          |                          |
| TÍTULO<br>TITLE                                                                                    |  |                                                                                       |  |                                                                 |                                          |                          |
| RECORRIDO DE LOS MEDIDORES DE CORRIENTES –<br>19 DE JUNIO DEL 2008 / DROGUE TRACKS - JUNE 19, 2008 |  |                                                                                       |  |                                                                 |                                          |                          |
|               |  | N° PROYECTO / PROJECT NO. 07-1334-0018                                                |  |                                                                 | ESCALA SEGÚN MUESTRA /<br>SCALE AS SHOWN | REV. 0                   |
|                                                                                                    |  | DISEÑO / DESIGN                                                                       |  | JE                                                              | 19 Feb./Feb. 2008                        | FIGURA /<br>FIGURE: 3-16 |
|                                                                                                    |  | SIG / GIS                                                                             |  | TL                                                              | 11 May./May 2010                         |                          |
|                                                                                                    |  | VERIFICACIÓN / CHECK                                                                  |  | BD                                                              | 20 May./May 2010                         |                          |
|                                                                                                    |  | REVISIÓN / REVIEW                                                                     |  | MR                                                              | 20 May./May 2010                         |                          |

**Figura 3-17 Velocidad y Dirección de la Corriente Medida en Punta Rincón por un Perfilador Acústico de Corriente Doppler**

Mag Corriente (m/s) —  
Dir Corriente (rad) →

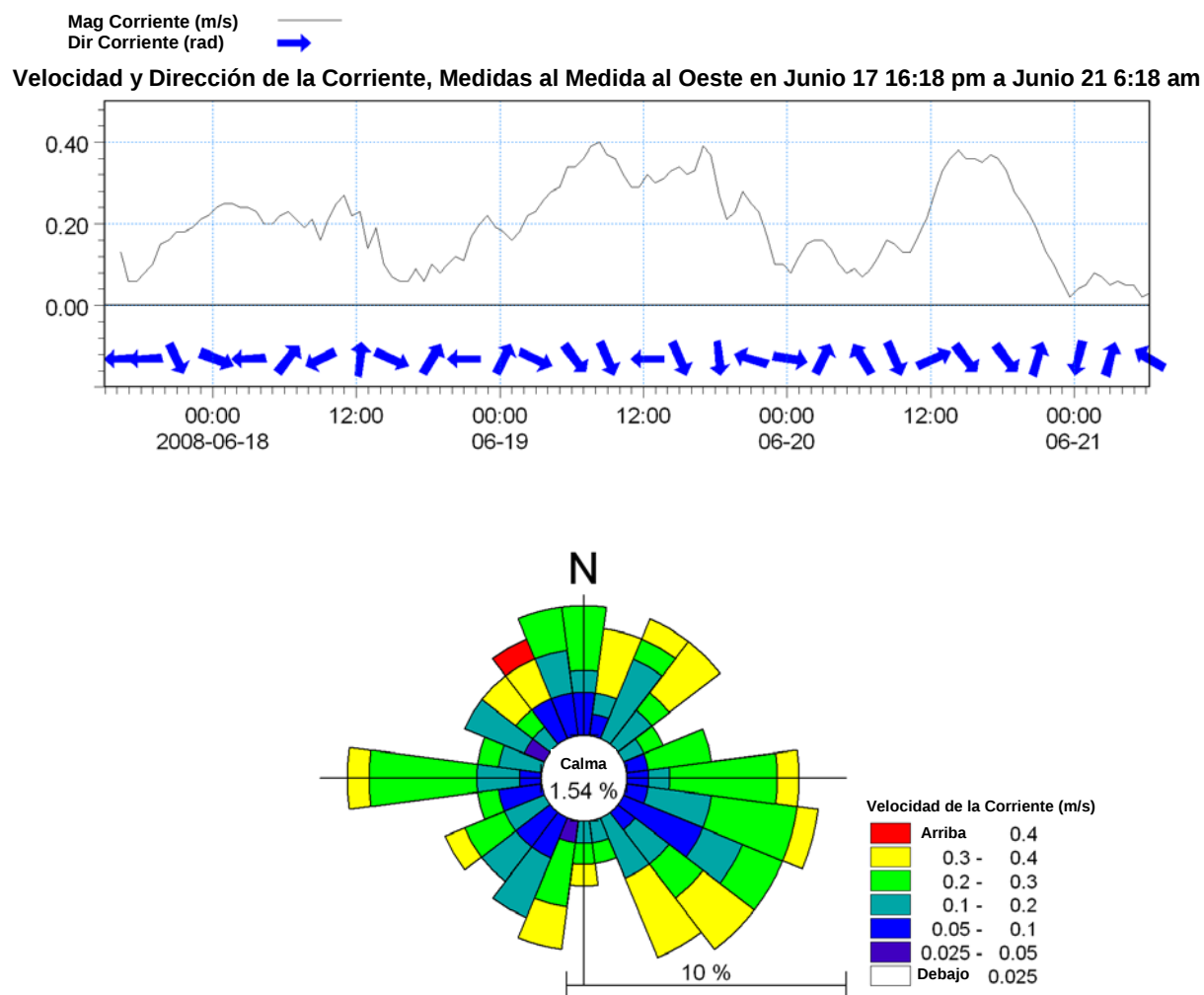
**Velocidad y Dirección de la Corriente, Medidas en Punta Rincón en Junio 17 11:36 am a Junio 21 6:56 am**



Notas: % = porcentaje; m/s = metros por segundo; rad = radio.

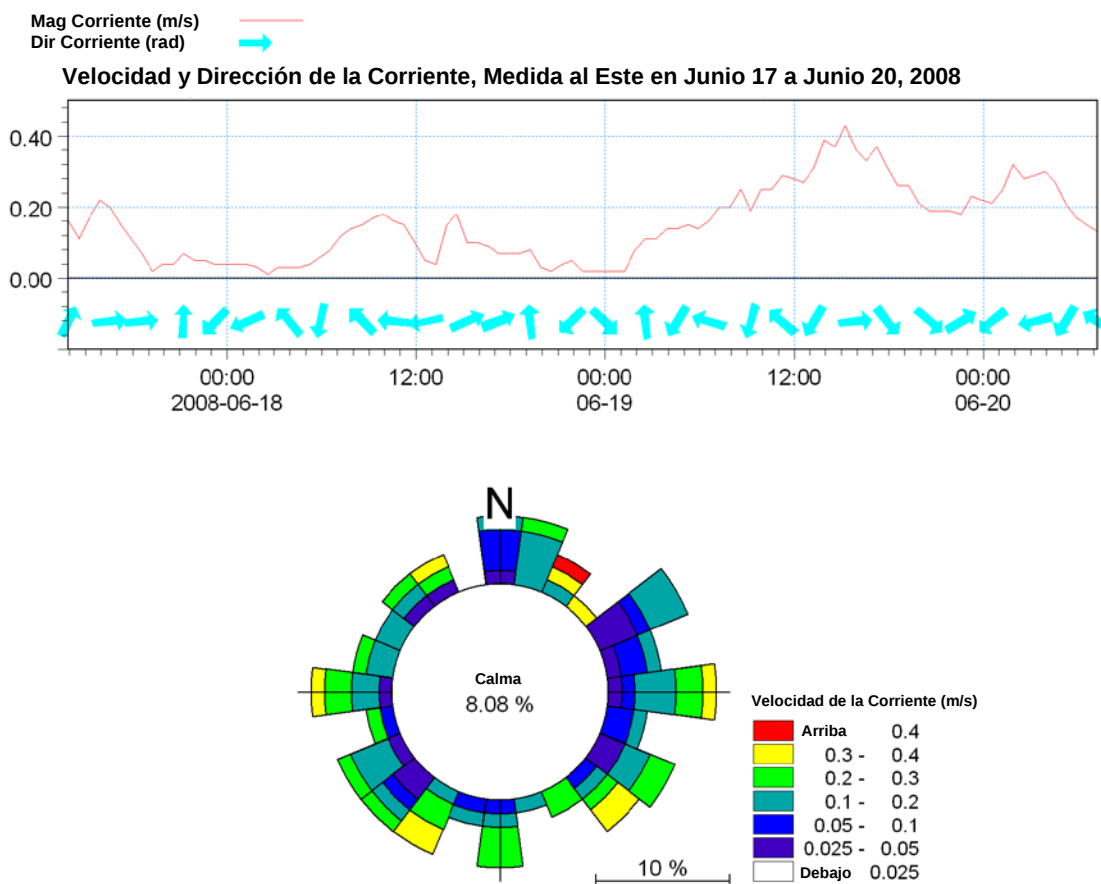


**Figura 3-18 Velocidad y Dirección de la Corriente Medida al Oeste por un Perfilador Acústico de Corriente Doppler**



Notas: % = porcentaje; m/s = metro por segundo; rad = radio; PACD = perfilador acústico de corriente doppler; N = Norte.

**Figura 3-19 Velocidad y Dirección de la Corriente Medida al Este por un Perfilador Acústico de Corriente Doppler**



Notas: % = porcentaje; m/s = metros por segundo; rad = radio; PACD = perfilador acústico de corriente doppler; N = Norte.

Las velocidades de corriente, direcciones y la corriente aumentó al este de Punta Rincón (PACD este), medidas del 17 al 20 de junio del 2008 a una profundidad de dispositivo de 10.24 m, están en un margen de corriente de 0.01 m/s a 0.43 m/s con promedio de 0.15 m/s (Figura 3-19).

### 3.3.3 Análisis e Interpretación

Las corrientes medidas en el sitio confirman el contenido de los documentos publicados disponibles en cuanto a los siguientes aspectos:

- Las corrientes son variables en tiempo y profundidad, y se ven afectadas por las olas de largo período, por los vientos y por la contra-corriente Caribeña de gran escala. Tal como se concluye en la sección sobre mareas, el efecto de las mareas locales de pequeña escala sobre los patrones de las corrientes fue mínimo.
- La profundidad de las corrientes superficiales en el sitio es principalmente una función de las olas y de la intensidad del viento, observándose diferentes direcciones de la corriente en la superficie que lo observado en puntos más cercanos al lecho marino. La profundidad de la “capa” superficial depende de la intensidad y duración de los efectos del viento y las olas; con olas mas altas y los vientos producen una capa superficial más profunda. Los datos proporcionan alguna delineación de los efectos de varios fenómenos:
  - Durante el tiempo de grandes olas y de períodos largos, se observó la formación de una serie de remolinos cerca de Punta Rincón. Estos remolinos concentran el flujo hacia el mar (alejándose) del sitio del Puerto. También, un remolino cercano a la costa dentro de la bahía al oeste de Punta Rincón crea un sistema relativamente cerrado en esta bahía. Este efecto parece ocurrir cuando las olas de largo período son mayores de 0.9 m y tienen un período de 8 s. Se prevé que esta condición ocurriría alrededor de un 25% del tiempo.
  - Durante condiciones de baja altura de las olas, las corrientes son afectadas principalmente por el viento local. Como se dijo anteriormente las corrientes son afectadas por el viento cuando las olas de largo período tienen una altura menor de 0.7 m y un período de 8.5 s.

Los patrones de las corrientes deben ser tomados en cuenta en la ubicación y el diseño del difusor de salida, de manera que los efectos sobre los hábitats marinos sensibles se mantengan al mínimo.

## 3.4 VIENTOS

### 3.4.1 Resumen de la Revisión de las Publicaciones

El análisis de datos disponibles a largo plazo de los vientos mar adentro para el Caribe (cálculos de condiciones pasadas de Wave Watch III) indica que el viento predominante será del noreste, alrededor del 70% del tiempo. Se prevé que casi siempre la velocidad máxima del viento será del noreste, con una sola ocurrencia desde el noroeste durante el período 1997 a 2009. Este análisis fue confirmado mediante comparación con las condiciones previstas pasadas del viento realizadas por Oceanweather y resumidas por



Sandwell (Sandwell 2009b). Se determinó que el período de más vientos correspondía de mediados de octubre a mediados de abril, y el período de mayor calma es en junio.

### **3.4.2 Resultados de Campo**

Se registraron datos de viento en el sitio en Caimito desde diciembre del 2007 hasta junio del 2008. Se hizo un análisis de los datos del viento para los dos períodos de mediciones oceanográficas de olas y corrientes en enero y junio del 2008. Los detalles se describen en las siguientes secciones.

#### **3.4.2.1 Datos de Viento Enero 2008**

La velocidad promedio por hora del viento y la dirección promedio del viento fueron medidas en la estación meteorológica durante el período del 9 al 17 de enero del 2008 (incluyendo la duración del estudio de campo; Figura 3-20. Los datos para el cálculo de condiciones pasadas del viento mar adentro (sitio en Internet, NOAA Wavewatch III 2008, del Servicio Nacional de Meteorología) también están trazados en cuadrícula en la Figura 3-20 para fines de comparación. Los vientos medidos tienen las siguientes características:

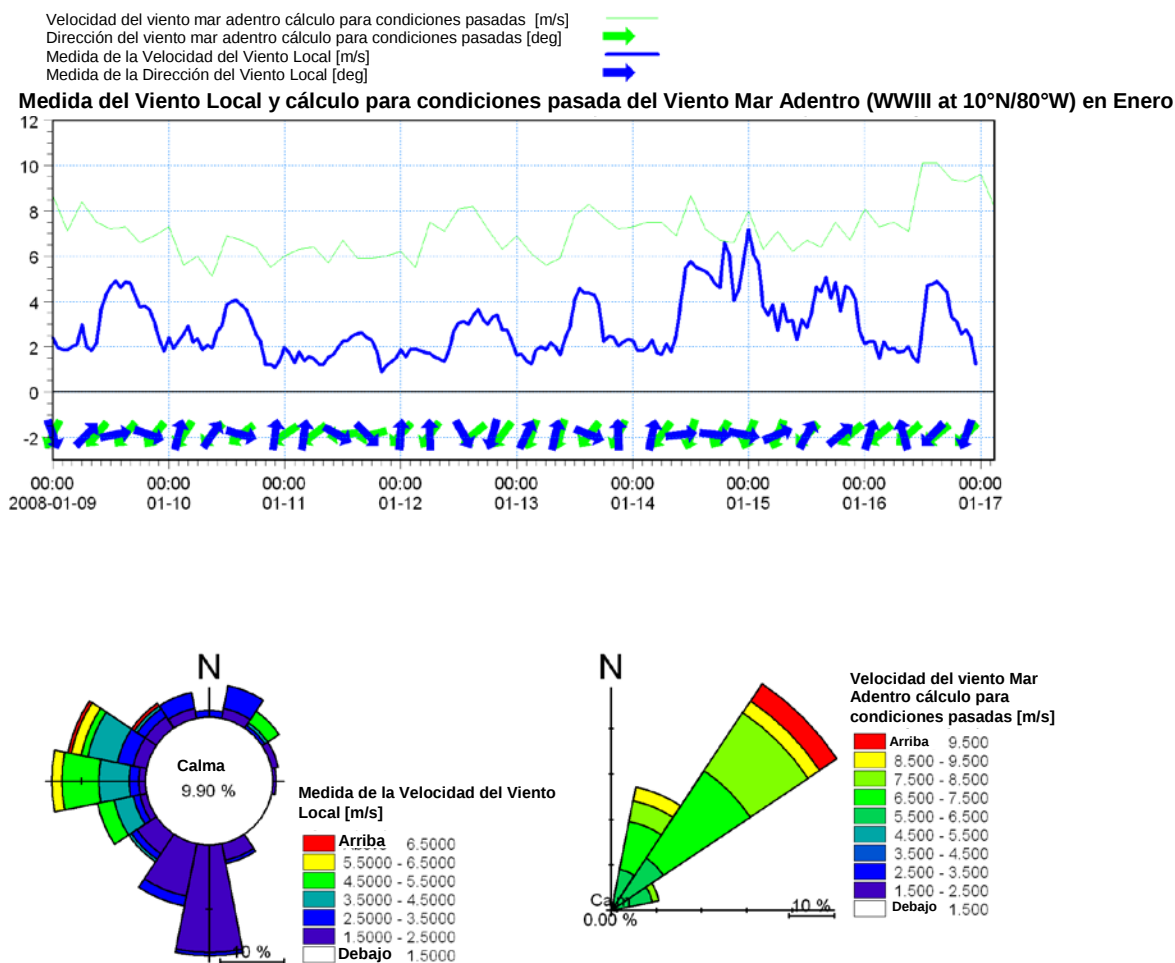
- velocidad del viento: promedio de 2.9 m/s, y varía entre 0.9 m/s y 7.2 m/s; y
- dirección del viento: La dirección fue variable con fuertes vientos soplando desde el oeste.

#### **3.4.2.2 Datos de Viento Junio 2008**

La velocidad promedio por hora del viento y la dirección promedio del viento fueron determinadas por mediciones tomadas en la estación meteorológica durante el período del 16 al 21 de junio del 2008 (incluyendo la duración del estudio de campo) y están trazadas en cuadrícula en la Figura 3-21. Los datos de condiciones pasadas del viento mar adentro (NOAA Wavewatch III 2008 del Servicio Nacional de Meteorología, sitio en Internet) también están trazados en cuadrícula en la Figura 3-21 para fines de comparación. Los vientos medidos tienen las siguientes características:

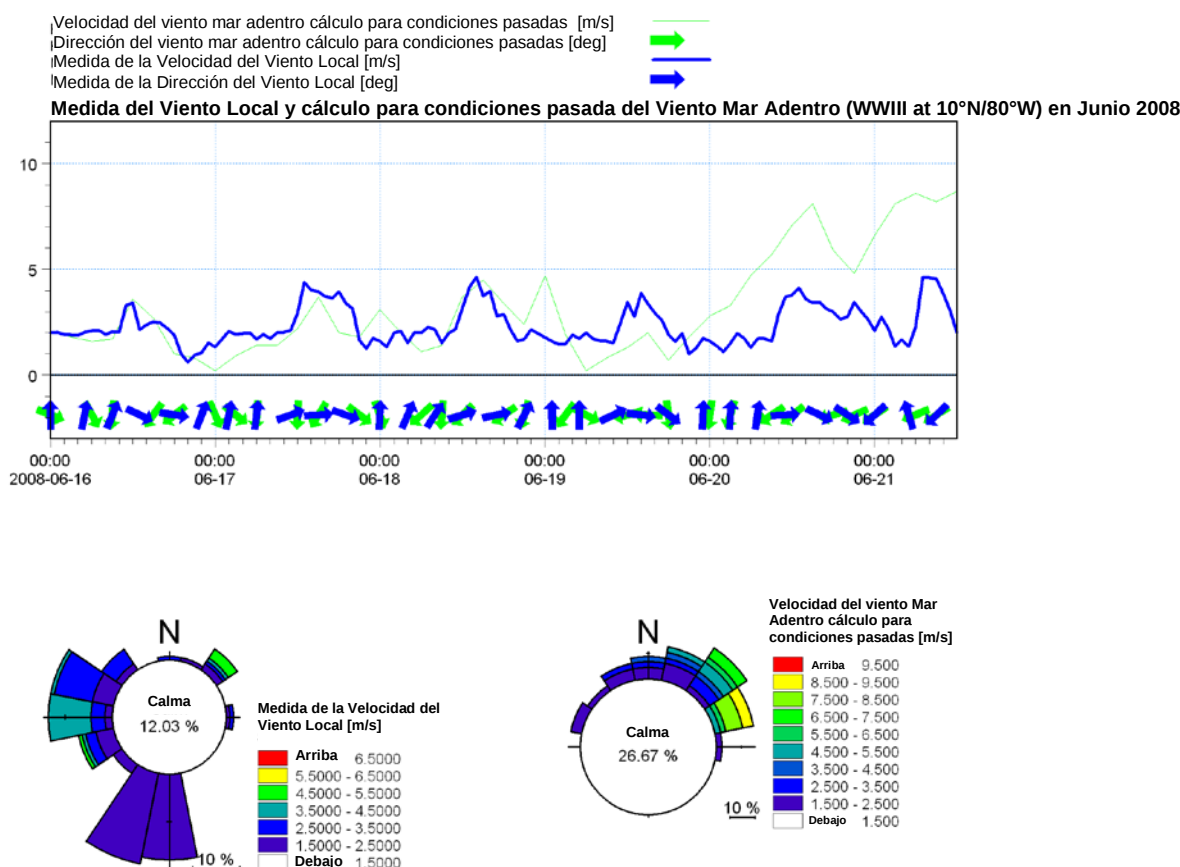
- Velocidad del viento: promedio de 2.3 m/s, y variación entre 0.6 m/s a 4.6 m/s.
- Dirección del viento: Se observó un patrón típico de los vientos del sur al suroeste por la mañana, cambiando de oeste a noroeste por la tarde. En general, el viento soplabla del oeste durante la mayor parte del día.

**Figura 3-20 Medida de la Velocidad del Viento Local por Hora y del Viento en Caimito, Enero del 2008**



Nota: % = porcentaje; m/s = metros por segundo; deg = grados; N = Norte; W = Oeste.

**Figura 3-21 Medida de la Velocidad del Viento Local por Hora y Dirección del Viento en Caimito, Junio del 2008**



Nota: % = porcentaje; m/s = metros por segundo; deg = grados; N = Norte; W = Oeste.

### 3.4.3 Análisis e Interpretación

Según lo ilustrado, los vientos registrados en tierra en el sitio no guardan relación con los vientos pronosticados mar adentro. Esto no es sorprendente, ya que se espera que los efectos de las variaciones en el calentamiento y enfriamiento de la tierra y el agua transformen los vientos de manera diferente en la costa y mar adentro. Se puede llegar a las siguientes conclusiones con base a un examen de los datos del viento, la corriente y las olas:

- Los vientos mar adentro, según lo pronosticado por Wave Watch III y Oceanweather (Sandwell 2009b), casi siempre están alineados con la dirección de las olas, y se cree que son la fuerza motriz detrás de la generación de estas olas de período

largo. Por lo tanto, para el modelamiento de las olas, se deben utilizar los vientos mar adentro para la generación de las olas largas.

- Los vientos más cercanos a la costa (según lo registrado en Caimito) afectan en diferente grado los patrones de circulación cerca de la costa: tienen un mayor efecto cuando las olas son menores (menos de 1 m) y un menor efecto cuando las olas son mayores.

## **3.5 OLEAJE**

### **3.5.1 Resumen de la Revisión de las Publicaciones**

No existe disponibilidad de datos registrados disponibles sobre olas en el sitio del puerto. Se disponía de dos fuentes de datos publicados: un análisis del oleaje realizado por Sandwell (Sandwell 2009b) y datos de cálculos de condiciones pasadas de olas de la NOAA, Wave Watch III (NOAA Wavewatch III 2008, Servicio Nacional de Meteorología). Estos se describen en detalle a continuación.

#### **3.5.1.1 Análisis del Oleaje por Sandwell**

Las estadísticas de olas mar adentro de los cálculos de condiciones pasadas por Oceanweather (Sandwell 2009b) fueron resumidas como sigue:

- Alturas significativas de las olas:
  - superan 1.0 m aproximadamente el 57% del tiempo total registrado;
  - superan 2.0 m aproximadamente el 8% del tiempo; y
  - superan 3.0 m aproximadamente el 0.5% del tiempo.
- Períodos máximos de las olas:
  - entre 6 y 9 s para aproximadamente el 75% de las olas registradas; y
  - superan 10 s aproximadamente el 3% del tiempo.
- Dirección de las olas:
  - aproximadamente el 65% de las olas tienen ocurrencia desde el noreste.
- Durante el resto del tiempo las olas tienen ocurrencia desde el norte-noreste (10%) y este-noreste (13%).



Utilizando los datos PACD cerca de la costa para fines de calibración, Sandwell utilizó un modelo numérico para determinar las condiciones estimadas de las olas en el sitio del Puerto de. Las estadísticas se resumen a continuación:

- Alturas significativas de las olas:
  - superan 1.0 m aproximadamente el 18% del total de tiempo registrado;
  - superan 1.5 m aproximadamente el 2.2% del tiempo; y
  - superan 2.0 m aproximadamente el 0.5% del tiempo.
- Períodos máximos de las olas:
  - entre 6 y 9 s para aproximadamente el 73% del total de las olas registradas; y
  - superan 10 s menos del 3% del tiempo.
- Dirección de las olas:
  - aproximadamente el 80% de las olas tienen ocurrencia desde el norte-noreste.

La altura de las olas disminuye a medida que se acercan a la costa en Punta Rincón. Se estimó que la ola extrema con período de retorno de 100 años tuvo una altura significativa de ( $H_s$ ) de 3.8 m, un período máximo de ( $T_p$ ) de 11.9 s y lo más probable una dirección norte-noreste.

### **3.5.1.2 Análisis de las Condiciones en el Pasado Registradas por NOAA Wave Watch III**

El análisis de los datos registrados en el pasado para condiciones mar adentro por NOAA generó las siguientes observaciones:

- Las condiciones máximas de ola, y la mayoría de los eventos de tormenta, fueron observadas en el período comprendido entre el 15 de octubre y el 15 de abril, con la mayor altura significativa de ola de 4.8 m pronosticada el día 22 de noviembre del 2006. La  $H_s$  media durante este período fue 1.8 m. La Tabla 3-4 presenta los valores máximos estacionales pronosticados de  $H_s$  (del 15 de octubre al 15 de abril) junto con la fecha de ocurrencia, los valores  $T_p$ , la dirección máxima de energía ( $D_p$ ) correspondientes y la duración estimada de estas tormentas. Las proyecciones de  $H_s$  (ver la Tabla 3.4) variaron entre 3.2 m y 4.8 m. Los correspondientes valores pronosticados  $T_p$  variaron entre 8.5 s y 10.2 s, mientras que la correspondiente dirección pronosticada de las olas fue en su mayoría desde el noreste, con la excepción de la tormenta del 22 de noviembre del 2006, que fue desde el noroeste. Se pronosticó que la duración de las tormentas variarían entre 15 y 40 horas, con un promedio de 23 horas.

- La altura más baja significativa y pronosticada de las olas ocurrió durante el período comprendido entre el 16 de abril y 14 de octubre. La altura media pronosticada de las olas se registró durante el período fue de 1.2 m, y la menor altura significativa pronosticada de las olas fue 0.13 m el 17 de septiembre del 1999.
- Se determinó que el período máximo de las olas pronosticado varió entre 13.1 s (17 de julio del 2005) y 2.6 s (4 de septiembre del 2008). La mayor parte del tiempo (más del 70%) el período máximo pronosticado de las olas fue entre 6 s y 9 s, en dirección este-noreste.
- La dirección máxima de las olas pronosticada fue desde el noreste.

**Tabla 3-4 Alturas Máximas Significativas Proyectadas de las Olas (Según datos de NOAA WWIII)**

| Fecha      | Altura Significativa de las Olas [m] | Período Máximo de las Olas Correspondiente [s] | Dirección Máxima de las Olas Correspondiente [deg.] | Duración Estimada de la Tormenta [hrs] |
|------------|--------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 25/02/1997 | 3.8                                  | 9.5                                            | noreste (58)                                        | 24                                     |
| 02/01/1998 | 3.4                                  | 8.5                                            | noreste (52)                                        | 40                                     |
| 02/02/1999 | 3.5                                  | 9.0                                            | noreste (57)                                        | 18                                     |
| 17/01/2000 | 4.2                                  | 9.8                                            | noreste (51)                                        | 18                                     |
| 15/02/2001 | 4.5                                  | 10.2                                           | noreste (59)                                        | 15                                     |
| 28/01/2002 | 3.6                                  | 9.2                                            | noreste (59)                                        | 15                                     |
| 02/12/2002 | 3.2                                  | 7.7                                            | noreste (56)                                        | 18                                     |
| 01/01/2004 | 4.3                                  | 9.4                                            | noreste (56)                                        | 30                                     |
| 09/01/2005 | 3.9                                  | 9.1                                            | noreste (53)                                        | 32                                     |
| 29/01/2006 | 3.9                                  | 9.5                                            | noreste (56)                                        | 20                                     |
| 22/11/2006 | 4.8                                  | 9.7                                            | noroeste (345)                                      | 24                                     |
| 05/01/2008 | 3.9                                  | 9.5                                            | noreste (49)                                        | 28                                     |
| 06/02/2009 | 4.5                                  | 9.0                                            | noreste (28)                                        | 15                                     |
| Medio      | 4.0                                  | -                                              | -                                                   | 23                                     |
| Máximo     | 4.8                                  | -                                              | -                                                   | 40                                     |
| Mínimo     | 3.2                                  | -                                              | -                                                   | 15                                     |

Notas: m = metro; deg = grados; - = datos no disponibles; s = segundos.

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología NOAA Wavewatch III 2008, sitio en internet.

Las proyecciones de NOAA y Oceanweather de cálculos para condiciones pasadas mar adentro demuestran tendencias similares:

- las olas más altas ocurren durante el período del 15 de octubre al 15 de abril;
- las condiciones de calma ocurren durante el período del 16 de abril al 14 de octubre; y
- las olas de aguas profundas tienen ocurrencia desde el noreste al este-noreste con períodos en su mayoría entre 6 s y 9 s.

### 3.5.2 Resultados de Campo

Los datos de las olas medidas en enero y junio del 2008 en los sitios con PACD montada en la parte inferior del bote se muestran en las Figuras 3-22 a 3-25 y se resumen en la Tabla 3-5. Las olas fueron consistentemente desde el norte hacia el norte-noreste durante los períodos medidos, registrándose olas más altas en enero que en junio. La comparación de los datos registrados durante el trabajo de campo para las proyecciones de las olas a largo plazo muestra lo siguiente:

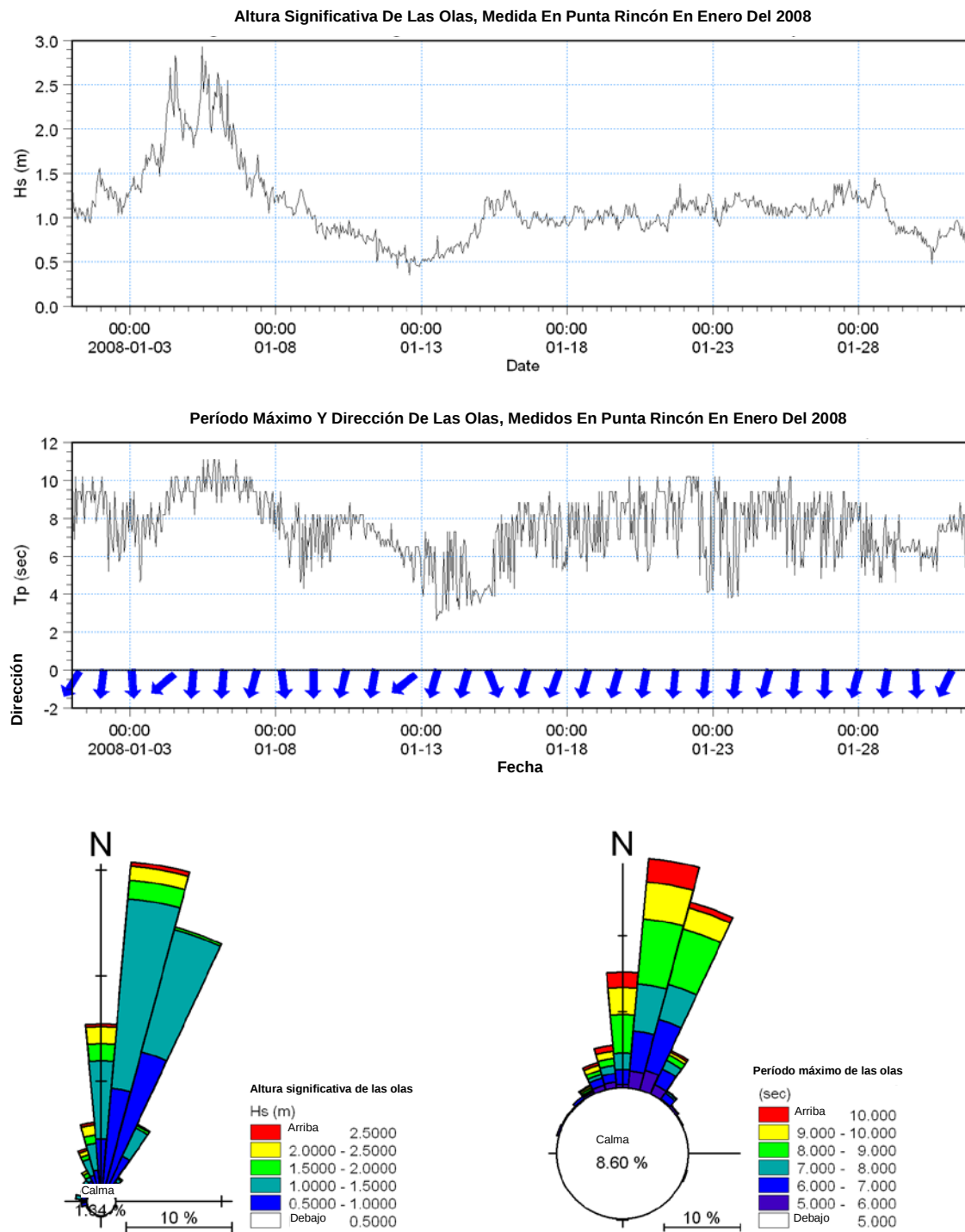
- Alrededor de 15% del tiempo superan la altura promedio de ola en enero del 2008 de 1.12 m (Sandwell 2009b).
- La altura promedio de las olas en junio del 2008 fue de 0.7 m que superó alrededor del 45% del tiempo.

**Tabla 3-5 Resumen de las Mediciones de las Olas**

| Período de Medición  | Sitio        | Profundidad [m] | Altura Significativa de las Olas [m]  | Período Máximo las Olas [s]           | Dirección Máxima de las Olas            |
|----------------------|--------------|-----------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|
| Enero 1ro a 31, 2008 | Punta Rincón | 15.2            | 1.12 (promedio)<br>0.4 a 2.9 (margen) | 7.6 (promedio)<br>2.9 a 11.1 (margen) | en su mayoría de norte a norte-noreste  |
| Junio 17 a 24, 2008  | Este         | 10.2            | 0.7 (promedio)<br>0.5 a 0.9 (margen)  | 8.3 (promedio)<br>6.0 a 9.1 (margen)  | En su mayoría de norte a norte-noreste  |
|                      | Punta Rincón | 8.8             | 0.7 (promedio)<br>0.4 a 1.0 (margen)  | 8.7 (promedio)<br>7.5 a 9.1 (margen)  | en su mayoría de norte a norte-noreste  |
|                      | Oeste        | 10.4            | 0.7 (promedio)<br>0.4 a 1.0 (margen)  | 8.7 (promedio)<br>7.5 a 9.1 (margen)  | en su mayoría de norte a norte-noroeste |

Notas: m = metro.

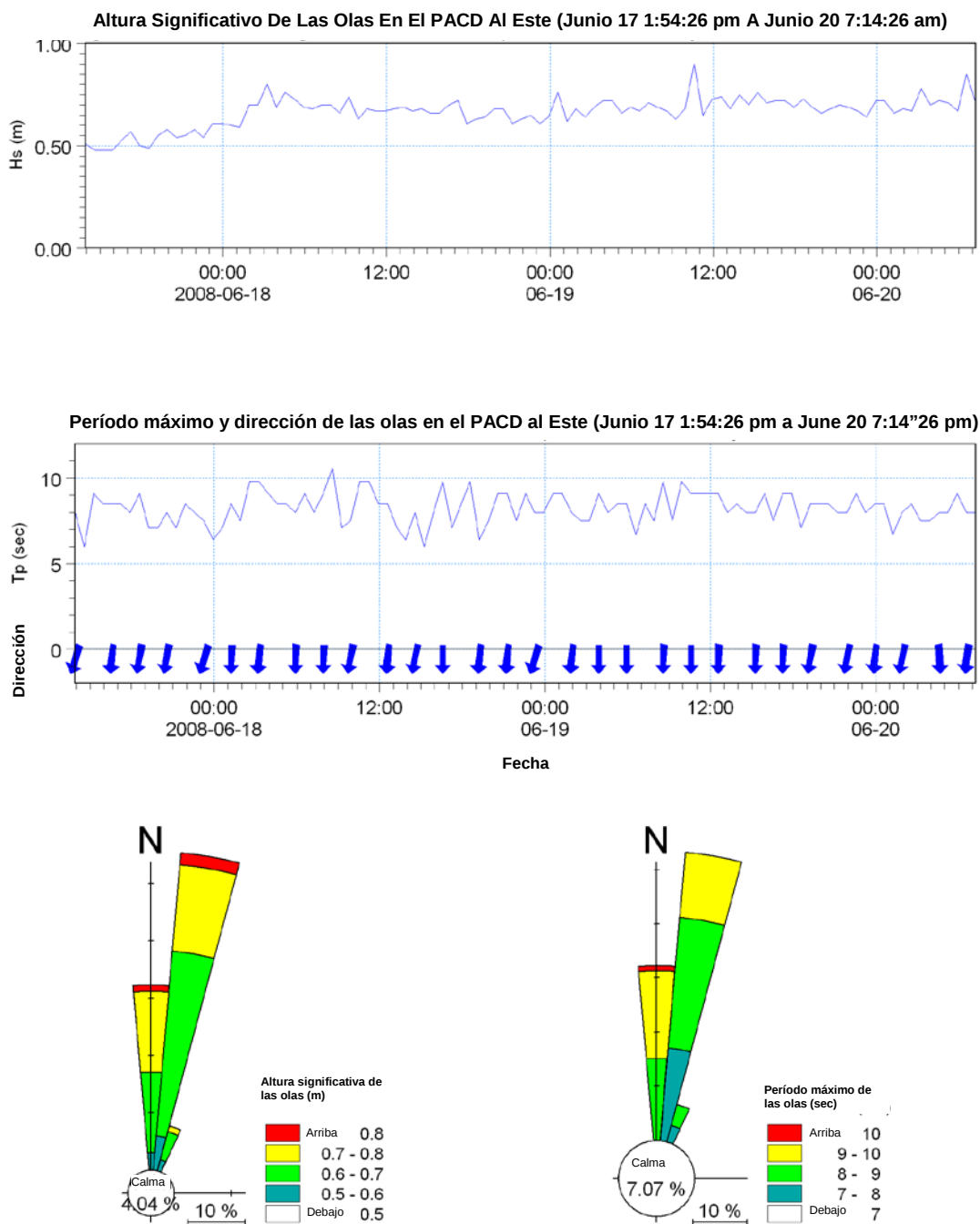
**Figura 3-22 Oleaje Medido en Sitio del Atracadero en Punta Rincón en Enero del 2008**



Notas: % = porcentaje;  $H_s$  = altura significativa de las olas; m = metro,  $T_p$  = período máximo de las olas; N = Norte.

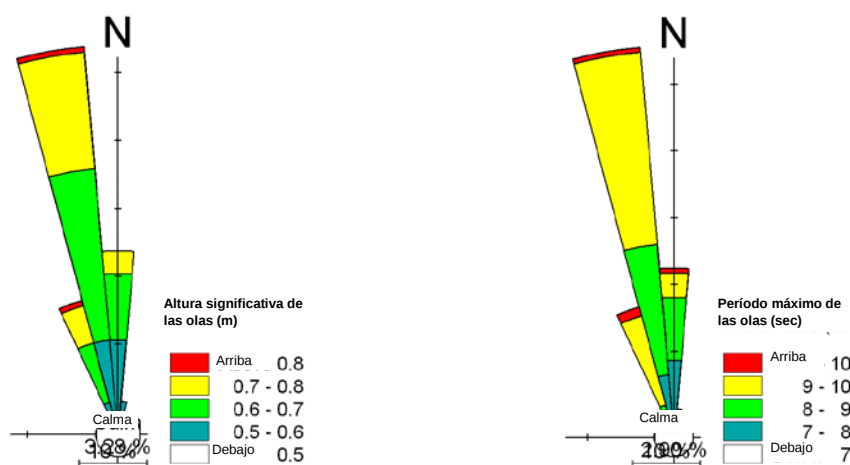
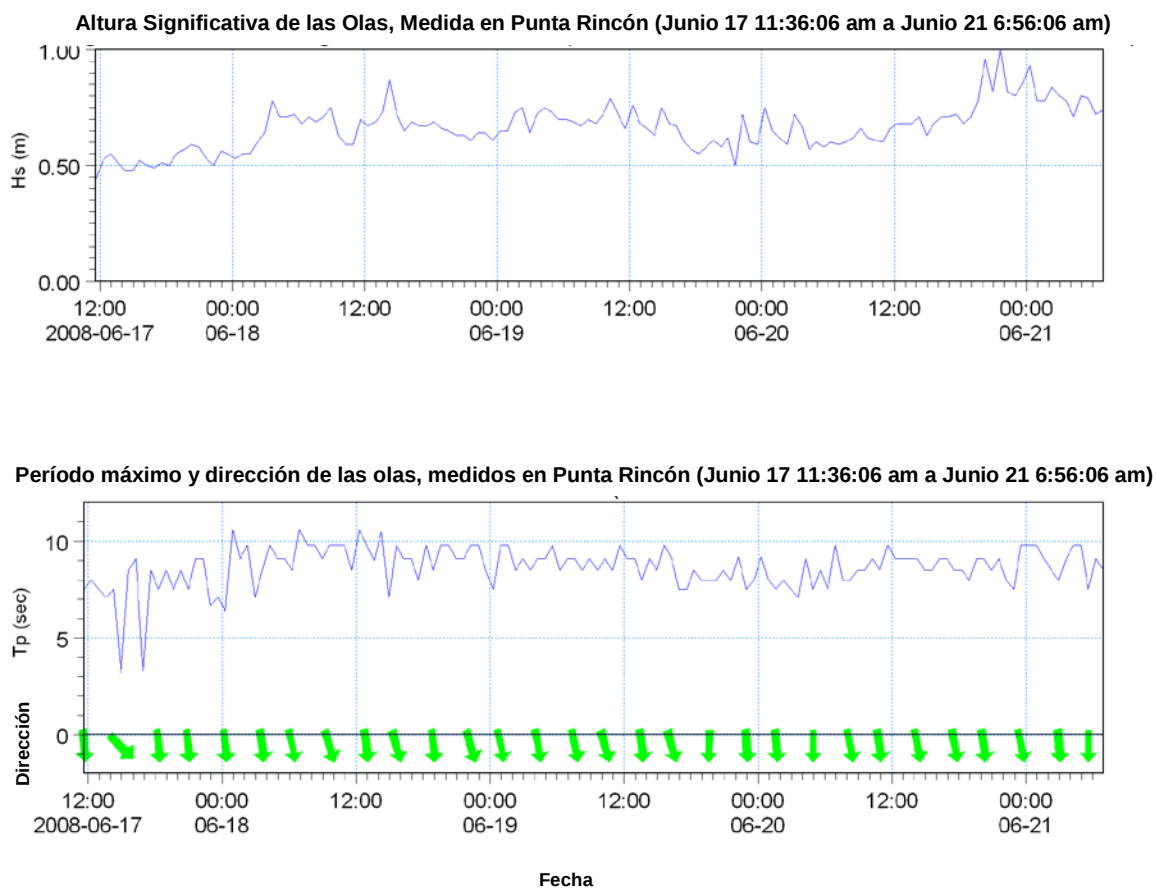


**Figura 3-23 Olas Medidas al Este de Punta Rincón en Junio del 2008**



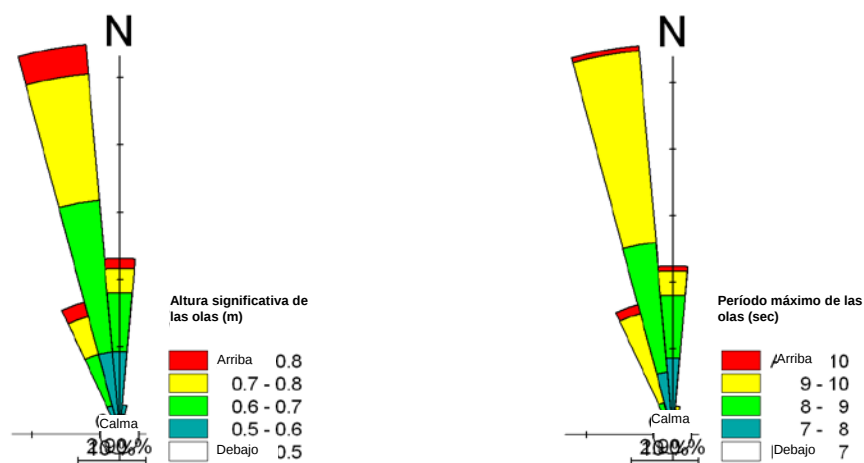
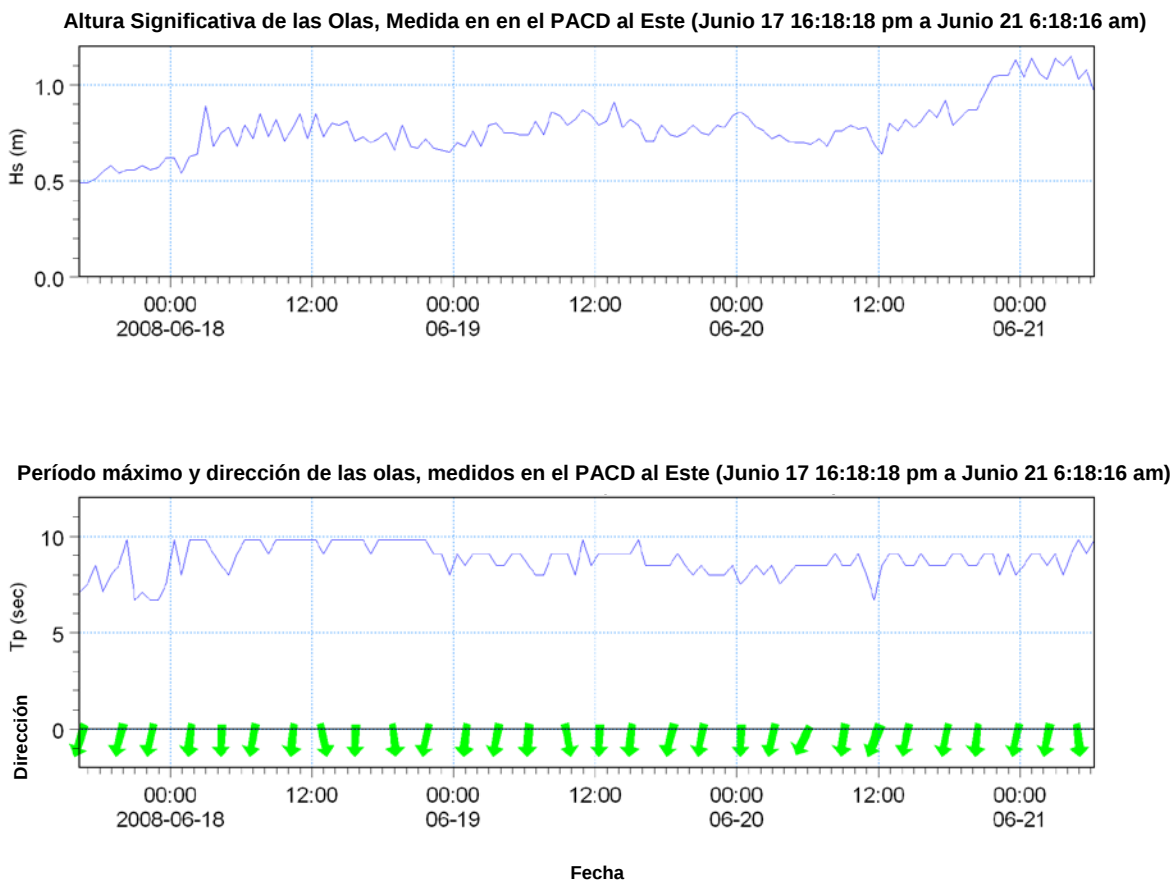
Notas: % = porcentaje;  $H_s$  = altura significativa de ondas/olas; m = metro; PACD = perfilador acústico de corriente Doppler; N = Norte;  $T_p$  = período máximo de las olas.

**Figura 3-24 Olas Medidas en Punta Rincón en Junio del 2008**



Notas: % = porcentaje; m = metros;  $H_s$  = altura significativa de las olas;  $T_p$  = período máximo de las olas; N = Norte; s = segundo.

**Figura 3-25 Olas Medidas al Oeste de Punta Rincón en Junio del 2008**



Notas: % = porcentaje; m = metros; s = segundo; Tp = período máximo de las olas; H<sub>s</sub> = altura significativa de las olas, N = Norte; PACD = perfilador acústico de corriente Doppler.

### 3.5.3 Simulación de las Condiciones Típicas

Esta sección presenta las olas y corrientes simuladas utilizando el modelo hidrodinámico desarrollado y calibrado para el sitio del puerto para condiciones típicas de tormenta y calma. Favor de consulte el Apéndice A para más detalles.

#### ***Condiciones de Tormenta***

Se eligió una condición típica de tormenta que ocurrió a principios de enero del 2008, ya que la altura significativa de la ola fue mayor de 1 m. En la Figura 3-26 se muestra el campo proyectado de la ola durante este evento de tormenta. Las olas simuladas se propagan desde el noreste, se refractan debido a la variación en la profundidad del agua, y luego se propagan perpendicularmente hacia la costa (Figura 3-26).

En la Figura 3-27 se muestra el campo de flujo cerca del sitio del puerto, un patrón de tres celdas de circulación y corriente de la costa normal centrada en Punta Rincón. Estos patrones proyectados de corriente se comparan con las medidas de enero del 2008 (Figuras 3-27 y Figura 3-10).

#### ***Condiciones de Calma***

Una condición típica de calma fue representada por un período de vientos y de olas bajos a mediados de junio del 2008. La Figura 3-27 muestra las olas y la Figura 3-29 muestra las corrientes.

Persiste un pequeño giro en dirección contraria a la de las manecillas del reloj dentro de la bahía al oeste de Punta Rincón, pero la tendencia de la corriente muestra un flujo predominante hacia el noreste, paralelo a la costa. Las corrientes fueron en general muy débiles.

### 3.5.4 Análisis e Interpretación

Las condiciones de las olas y corrientes en el sitio del puerto fueron caracterizados como sigue:

- La mayoría de las tormentas ocurren durante el período del 15 de octubre al 15 de abril, con una duración de hasta 40 horas (Tabla 3-4). Durante estas tormentas la dirección de las olas va desde el noreste más de un 70% del tiempo. La combinación de las olas, y en menor grado de los vientos y las corrientes de marea, crea remolinos de circulación a gran escala en el sitio del puerto durante estos eventos de tormenta, según se muestra en la Figura 3-27. Estos remolinos parecen concentrar los flujos de retorno en Punta Rincón, cerca del sitio del puerto.





- 

## REFERENCIA / REFERENCE

PROYECTO  
PROJECT

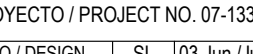
Minera  Panamá

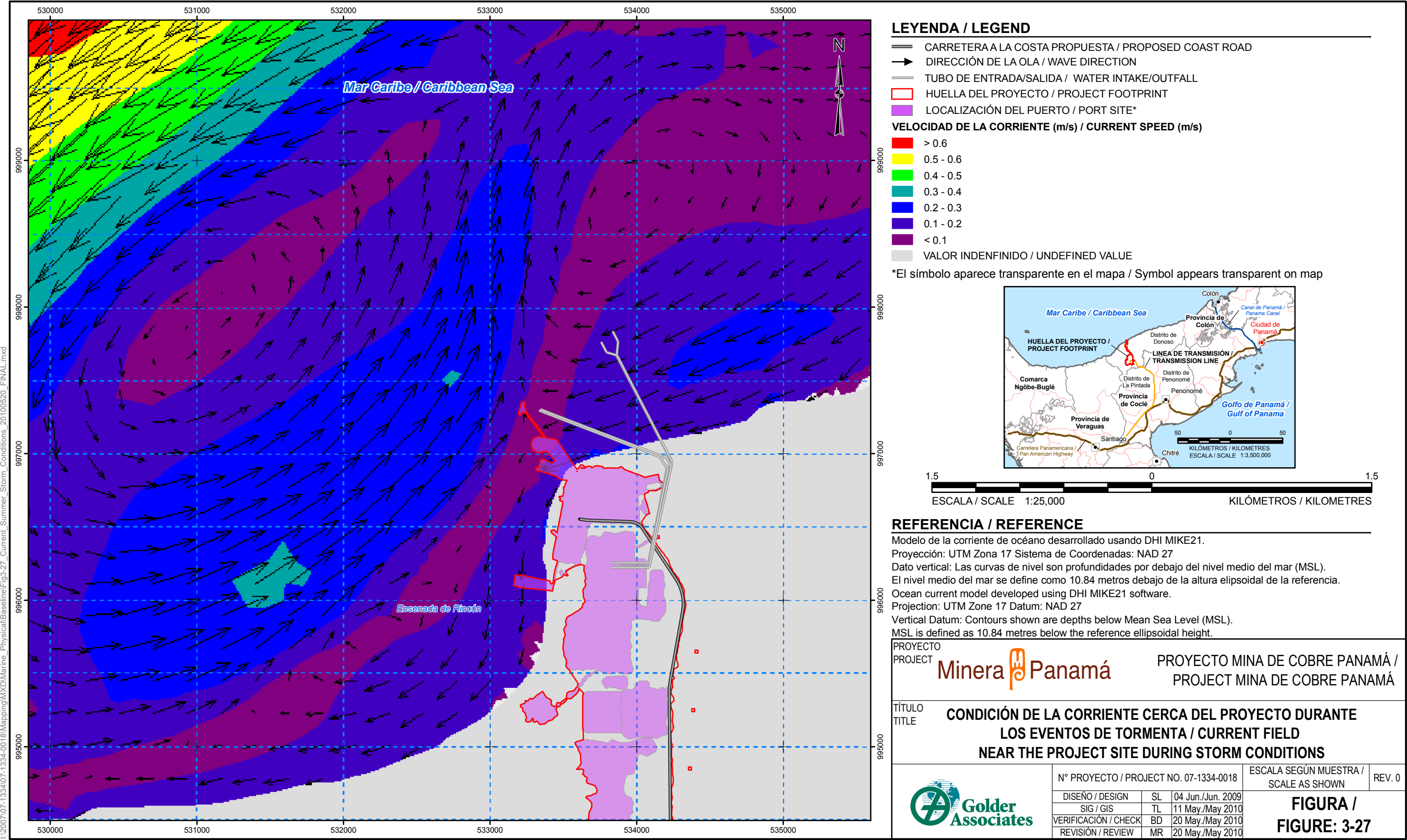
PROYECTO MINA DE COBRE PANAMÁ /  
PROJECT MINA DE COBRE PANAMÁ

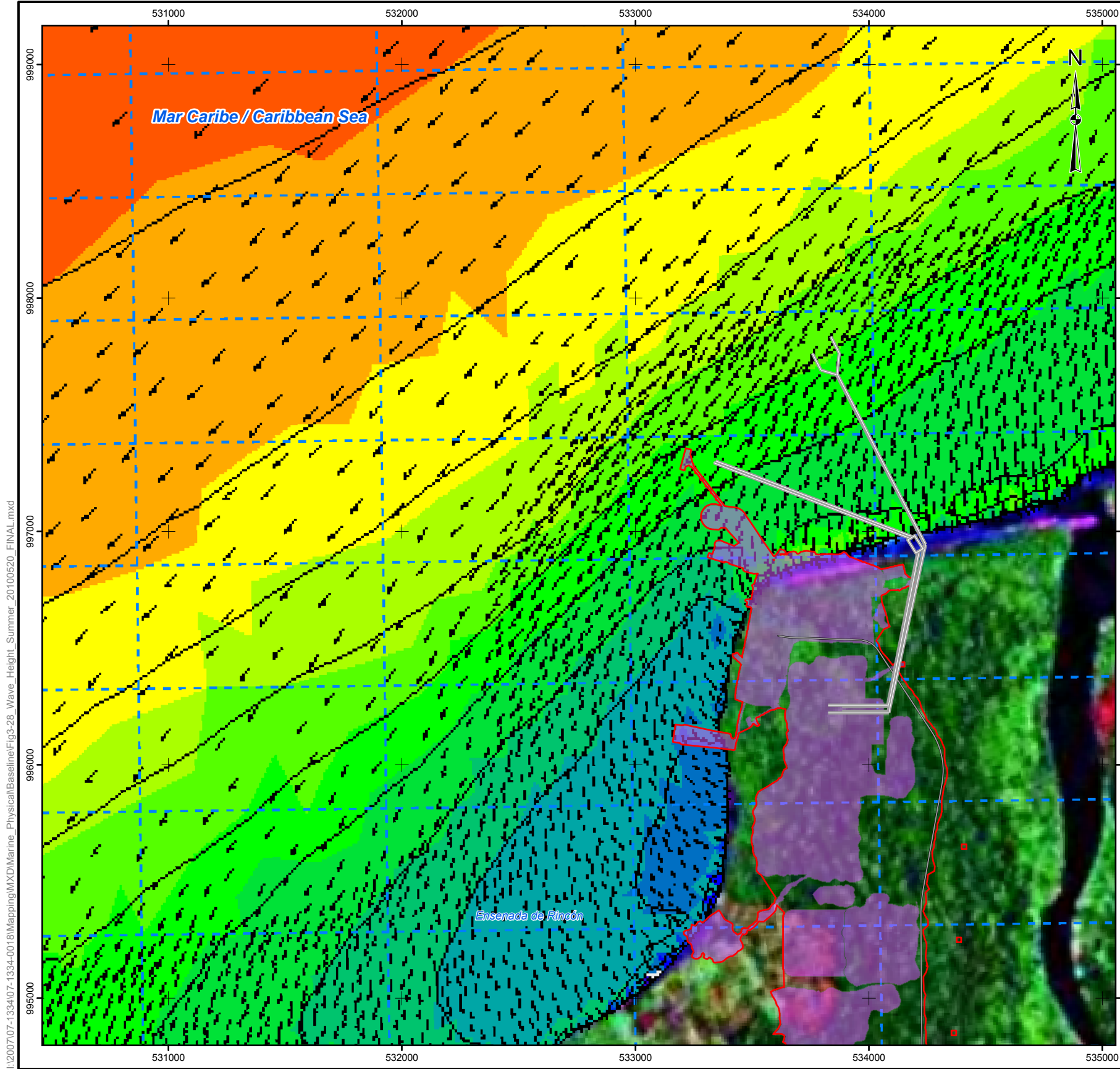
|        |  |
|--------|--|
| TÍTULO |  |
| TITLE  |  |

**ALTURAS DE OLAS Y VECTORES DE VELOCIDAD CERCA DEL PROYECTO  
DURANTE LOS EVENTOS DE TORMENTAS EN ENERO DEL 2008 / WAVE HEIGHT AND VELOCITY  
VECTORS NEAR THE PROJECT SITE DURING THE STORM EVENT IN JANUARY 2008**



|                                        |    |                   |                                                                                                                               |        |
|----------------------------------------|----|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| N° PROYECTO / PROJECT NO. 07-1334-0018 |    |                   | ESCALA SEGÚN MUESTRA /<br>SCALE AS SHOWN                                                                                      | REV. 0 |
| DISEÑO / DESIGN                        | SL | 03 Jun./Jun. 2009 |  <p><b>FIGURA /<br/>FIGURE: 3-26</b></p> |        |
| SIG / GIS                              | TL | 01 Abr./Apr. 2010 |                                                                                                                               |        |
| VERIFICACIÓN / CHECK                   | BD | 20 May./May 2010  |                                                                                                                               |        |
| REVISIÓN / REVIEW                      | MR | 20 May./May 2010  |                                                                                                                               |        |





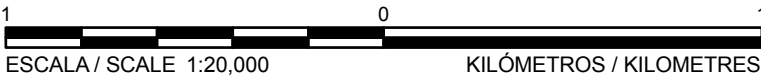
LEYENDA / LEGEND

- CARRETERA A LA COSTA PROPUESTA / PROPOSED COAST ROAD
- DIRECCIÓN DE LA OLA / WAVE DIRECTION
- TUBO DE ENTRADA/SALIDA / WATER INTAKE/OUTFALL
- HUELLA DEL PROYECTO / PROJECT FOOTPRINT
- LOCALIZACIÓN DEL PUERTO / PORT SITE\*

ALTURA DE OLA (m) / WAVE HEIGHT (m)

|             |             |              |
|-------------|-------------|--------------|
| > 0.52      | 0.28 - 0.32 | 0.08 - 0.12  |
| 0.48 - 0.52 | 0.24 - 0.28 | 0.04 - 0.08  |
| 0.44 - 0.48 | 0.24 - 0.20 | 0.00 - 0.04  |
| 0.40 - 0.44 | 0.16 - 0.20 | -0.04 - 0.00 |
| 0.36 - 0.40 | 0.12 - 0.16 | 0.24 - 0.28  |
| 0.32 - 0.36 |             |              |

\*El símbolo aparece transparente en el mapa / Symbol appears transparent on map



REFERENCIA / REFERENCE

Modelo de la corriente de océano desarrollado usando DHI MIKE21.  
Proyección: UTM Zona 17 Sistema de Coordenadas: NAD 27  
Dato vertical: Las curvas de nivel son profundidades por debajo del nivel medio del mar.  
Nivel medio del mar se definen como 10.84 metros debajo de la altura elipsoidal de la referencia.  
Ocean current model developed using DHI MIKE21 software.  
Projection: UTM Zone 17 Datum: NAD 27  
Vertical Datum: Contours shown are depths below Mean Sea Level (MSL)  
MSL is defined as 10.84 metres below the reference ellipsoidal height.

PROYECTO  
PROJECT



PROYECTO MINA DE COBRE PANAMÁ /  
PROJECT MINA DE COBRE PANAMÁ

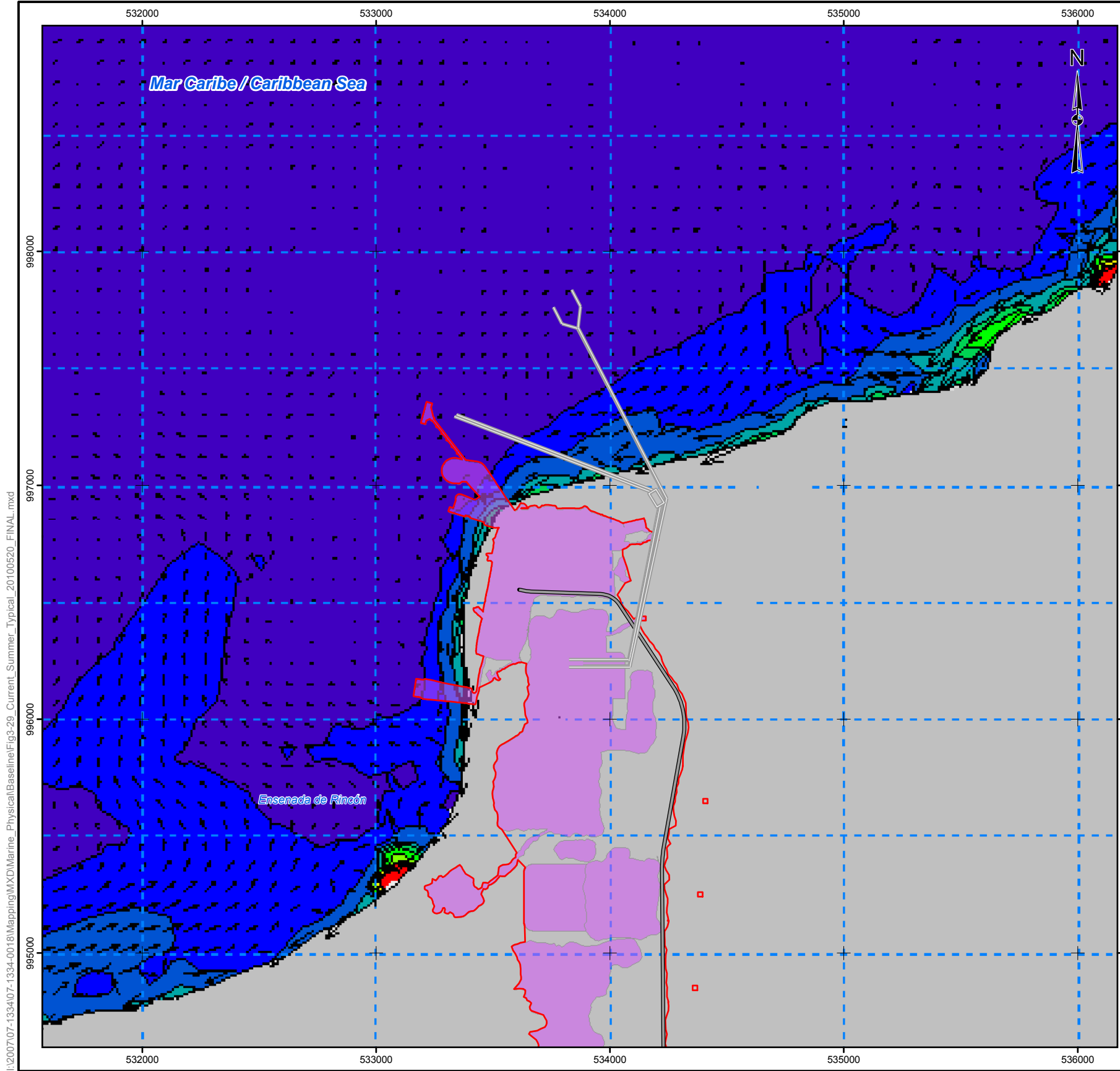
TÍTULO  
TITLE

ALTURA DE LAS OLAS Y VECTORES DE VELOCIDAD CERCA DEL PROYECTO  
EN CONDICIONES TÍPICAS DE VERANO / WAVE HEIGHT AND VELOCITY  
VECTORS NEAR THE PROJECT SITE FOR TYPICAL SUMMER CONDITIONS



|                                        |    |                                          |                                  |
|----------------------------------------|----|------------------------------------------|----------------------------------|
| N° PROYECTO / PROJECT NO. 07-1334-0018 |    | ESCALA SEGÚN MUESTRA /<br>SCALE AS SHOWN | REV. 0                           |
| DISEÑO / DESIGN                        | SL | 04 Jun./Jun. 2009                        | <b>FIGURA /<br/>FIGURE: 3-28</b> |
| SIG / GIS                              | TL | 01 Abr./Apr. 2010                        |                                  |
| VERIFICACIÓN / CHECK                   | BD | 20 May./May 2010                         |                                  |
| REVISIÓN / REVIEW                      | MR | 20 May./May 2010                         |                                  |

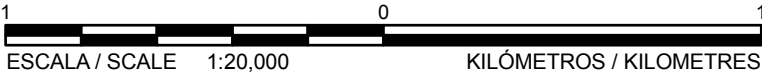




LEYENDA / LEGEND

- CARRETERA A LA COSTA PROPUESTA / PROPOSED COAST ROAD
  - DIRECCIÓN DE LA OLA / WAVE DIRECTION
  - TUBO DE ENTRADA/SALIDA / WATER INTAKE/OUTFALL
  - HUELLA DEL PROYECTO / PROJECT FOOTPRINT
  - LOCALIZACIÓN DEL PUERTO / PORT SITE\*
- VELOCIDAD DE LA CORRIENTE (m/s) / CURRENT SPEED (m/s)
- |               |                                     |
|---------------|-------------------------------------|
| > 0.250       | 0.025 - 0.050                       |
| 0.200 - 0.250 | 0.010 - 0.025                       |
| 0.150 - 0.200 | 0.000 - 0.010                       |
| 0.100 - 0.150 | < 0.000                             |
| 0.075 - 0.100 | VALOR INDENFINIDO / UNDEFINED VALUE |
| 0.050 - 0.075 |                                     |

\*El símbolo aparece transparente en el mapa / Symbol appears transparent on map



REFERENCIA / REFERENCE

Modelo de la corriente de océano desarrollado usando DHI MIKE21.  
Proyección: UTM Zona 17 Sistema de Coordenadas: NAD 27  
Dato vertical: Las curvas de nivel son profundidades por debajo del nivel medio del mar (MSL).  
El nivel medio del mar se define como 10.84 metros debajo de la altura elipsoidal de la referencia.  
Ocean current model developed using DHI MIKE21 software.  
Projection: UTM Zone 17 Datum: NAD 27  
Vertical Datum: Contours shown are depths below Mean Sea Level (MSL).  
MSL is defined as 10.84 metres below the reference ellipsoidal height.

|                                                                                       |                                        |                                                                                                                                                         |                   |                                                                 |        |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------|--------|
| PROYECTO<br>PROJECT                                                                   |                                        | Minera  Panamá                                                     |                   | PROYECTO MINA DE COBRE PANAMÁ /<br>PROJECT MINA DE COBRE PANAMÁ |        |
| TÍTULO<br>TITLE                                                                       |                                        | CONDICIÓN DE LA CORRIENTE CERCA DEL PROYECTO EN CONDICIONES<br>TÍPICAS DE VERANO / CURRENT FIELD NEAR THE PROJECT<br>SITE FOR TYPICAL SUMMER CONDITIONS |                   |                                                                 |        |
|  | N° PROYECTO / PROJECT NO. 07-1334-0018 |                                                                                                                                                         |                   | ESCALA SEGÚN MUESTRA /<br>SCALE AS SHOWN                        | REV. 0 |
|                                                                                       | DISEÑO / DESIGN                        | SL                                                                                                                                                      | 04 Jun./Jun. 2009 | <b>FIGURA /<br/>FIGURE: 3-29</b>                                |        |
|                                                                                       | SIG / GIS                              | TL                                                                                                                                                      | 01 Abr./Apr. 2010 |                                                                 |        |
|                                                                                       | VERIFICACIÓN / CHECK                   | BD                                                                                                                                                      | 20 May./May 2010  |                                                                 |        |
|                                                                                       | REVISIÓN / REVIEW                      | MR                                                                                                                                                      | 20 May./May 2010  |                                                                 |        |



- Las condiciones de calma fueron más comunes durante el período del 16 de abril al 14 de octubre cuando las olas tuvieron una altura menor de 1 m y ocurrió alrededor del 80% del tiempo. Durante períodos más calmados, las corrientes son débiles y predominantemente paralelas a la costa, aunque se desarrollaron pequeños remolinos en la bahía al oeste de Punta Rincón.

## **3.6 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS COSTEROS**

### **3.6.1 Resumen de la Revisión de las Publicaciones**

No se disponía de información publicada sobre el transporte de sedimentos costeros para el área alrededor de Punta Rincón.

### **3.6.2 Resultados de Campo**

Se hizo un reconocimiento de la costa para caracterizar los sedimentos del área cerca del Puerto. Se hicieron recorridos a pie en períodos de marea baja a lo largo de ciertas partes de la costa en las mañanas de los días 11 al 16 de enero del 2008 y el 10 de junio del 2008. Se recorrió todo el borde de la playa entre el Río Caimito y la Ensenada de Rincón (la bahía al oeste de Punta Rincón). Se observaron tres tipos distintos de playa:

- una playa arenosa ligeramente inclinada al suroeste de Punta Rincón;
- una sección rocosa de la costa que se extiende desde Punta Rincón hacia el sur; y
- una playa arenosa de inclinación moderada que se extiende hacia el este desde Punta Rincón a la parte baja del Río Caimito.

Las Fotografías 3-1 y 3-2 muestran la playa arenosa moderadamente inclinada al este de Punta Rincón. Se observa la presencia de escarpes por acción de la erosión en la parte superior de la playa cerca a la desembocadura de la parte baja del Río Caimito (Fotografía 3-3). Un banco de arena que cierra parcialmente la desembocadura de la parte baja del Río Caimito de la ribera suroeste indica que la dirección predominante del transporte de sedimentos en la desembocadura de la parte baja del Río Caimito es hacia el noroeste (desde Punta Rincón hacia el estuario del Río Caimito Bajo). Es probable que los sedimentos erosionados de la costa cerca de Punta Rincón sean redistribuidos hacia la parte baja del Río Caimito y elaborados nuevamente durante los eventos de tormenta.

La sección rocosa de la costa, incluyendo Punta Rincón y extendiéndose hacia el sur, se caracteriza por cantos rodados de gran tamaño, guijarros y afloramientos del lecho rocoso (Fotografías 3-4 y 3-5).

La playa arenosa ligeramente inclinada al suroeste de Punta Rincón (Fotografías 3-6 y 3-7) tiene bermas de playa más pronunciadas que la playa arenosa del este. Un ensanchamiento de las playas de bolsa en dirección suroeste indica que la dirección predominante del transporte de sedimentos parece ser hacia el suroeste (Fotografía 3-7). Se observó que los cursos que fluyen al mar en este tramo de la costa parecen desviarse hacia el oeste a lo largo de la costa, y la acumulación de sedimentos parece ocurrir en el este de los afloramientos rocosos, brindando evidencia adicional de que el transporte neto es hacia el oeste en esta parte de la costa.



**Fotografía 3-1** Vista de la Desembocadura de la parte baja del Río Caimito  
Mirando hacia Punta Rincón



**Fotografía 3-2 Playa de Inclinación Moderada entre la parte baja del Río Caimito y Punta Rincón**



**Fotografía 3-3 Escarpes por la Erosión en el Parte Superior de la Playa cerca de la Desembocadura de la parte baja del Río Caimito (Playa de Inclinación Moderada)**



**Fotografía 3-4 Línea de Costa de Punta Rincón (Costa Rocosa)**



**Fotografía 3-5 Costa Suroeste de la Playa de Punta Rincón (Costa Rocosa)**





**Fotografía 3-6 Playa Arenosa al Suroeste de Punta Rincón (Playa Ligeramente Inclinada)**



**Fotografía 3-7 Playa Arenosa al Suroeste de Punta Rincón (Playa Ligeramente Inclinada)**

La Figura 3-30 presenta las direcciones inferidas del transporte de sedimentos. La evidencia morfológica sugiere que Punta Rincón es una ruptura de la celda del litoral con transporte de sedimentos alejándose del sitio hacia el noreste y suroeste (Figura 3-30). El desplazamiento de los sedimentos al este de Punta Rincón en general está dirigido hacia el este, alimentándose de la erosión de Punta Rincón y de la playa adyacente. Los sedimentos derivados de este sitio tienden a desplazarse alejándose del sitio del puerto hacia la desembocadura de la parte baja del Río Caimito.

Sin embargo, es posible que el rompimiento inferido de la celda del litoral presente en Punta Rincón no se extienda mar adentro de la zona de las corrientes superficiales, y que puede haber algún transporte de sedimentos alrededor de Punta Rincón en el área cercana a la costa más allá de la zona de corrientes superficiales, pero no a lo largo de la playa. Se espera que el movimiento de arena mar adentro de la zona de las corrientes superficiales, sea limitado en su magnitud (en comparación con el de la playa), ya que los sedimentos pueden ser transportados solamente por las olas más grandes de la tormenta. Se observaron sedimentos en el área cercana a la costa y se tomaron muestras que fueron analizadas por tamaño de los granos. El análisis del tamaño de los granos del sedimento indica que este sedimento tiene el tamaño de arena (ver la Sección 3.6.2.2 y la Tabla 3-7). Las observaciones de campo sugieren que los sedimentos cercanos a la costa pueden ser derivados localmente mediante la erosión del promontorio (península), ya que no se observó otra fuente de sedimentos dentro de la zona del litoral.

### **3.6.2.1 Inclinación de la Playa**

Se midió la inclinación de la playa en cada sitio de muestreo de sedimentos, utilizando un clinómetro. Las mediciones se muestran en la Tabla 3-6.

Se midieron las inclinaciones de la playa al oeste de Punta Rincón con un rango entre 1% y 22%, con promedio de aproximadamente un 10%. Las inclinaciones de la playa al este de Punta Rincón fueron medidas con un rango entre el 4% y el 28% con promedio de aproximadamente el 15%. Estas mediciones indican que la playa al este de Punta Rincón es estadísticamente más inclinada que las playas al oeste de Punta Rincón.

### **3.6.2.2 Muestreo de Sedimentos Costeros**

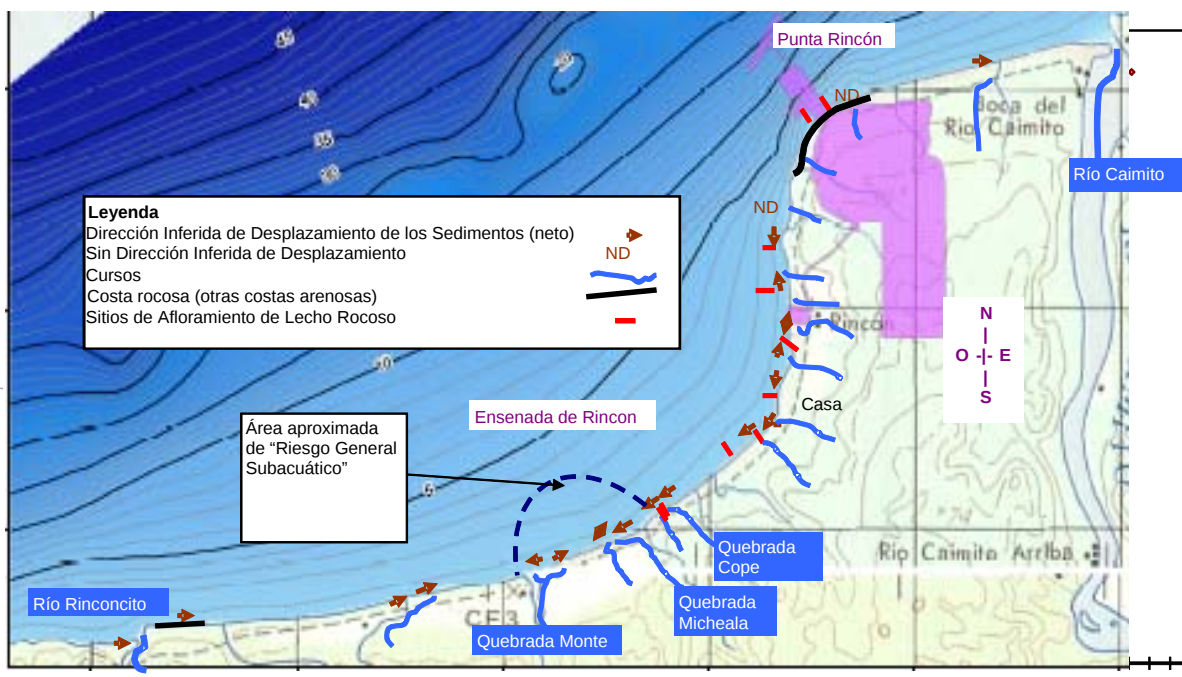
Las muestras de sedimentos recogidos a lo largo de la costa indicaron que los sedimentos de la playa fueron casi en su totalidad del tamaño de un grano de arena. La Tabla 3-7 presenta un resumen de los datos sobre el tamaño de los granos. Las Muestras S1 a S10 fueron recogidas al oeste de Punta Rincón, y las muestras sugieren un aventamiento generalmente en dirección oeste del material fino (confirmándose la dirección observada del transporte de sedimentos hacia el oeste). Las muestras S11 al S19 fueron recogidas al este de Punta Rincón, y las muestras sugieren un

aventamiento generalmente en dirección este del material fino (confirmándose la dirección observada del transporte de sedimentos hacia el este).

**Tabla 3-6 Mediciones de la Inclinación de la Playa**

| <b>Nombre de Sitio<br/>Muestreo de<br/>Sedimentos</b> | <b>Inclinación de la<br/>Playa [%]</b> |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| S1                                                    | 6                                      |
| S2                                                    | 12                                     |
| S3                                                    | 13                                     |
| S4                                                    | 6                                      |
| S5                                                    | 5                                      |
| S6                                                    | 3                                      |
| S7                                                    | 22                                     |
| S8                                                    | 17                                     |
| S9                                                    | 13                                     |
| S10                                                   | 1                                      |
| S11                                                   | 19                                     |
| S12                                                   | 8                                      |
| S13                                                   | 4                                      |
| S14                                                   | 21                                     |
| S15                                                   | 11                                     |
| S16                                                   | 28                                     |
| S17                                                   | 18                                     |
| S18                                                   | 6                                      |
| S19                                                   | 16                                     |

**Figura 3-30 Direcciones Inferidas de Desplazamiento de los Sedimentos**



Notas: N = Norte; E = Este; W = Oeste; S = Sur.



**Tabla 3-7 Datos de las Muestras de Sedimentos de la Playa**

| Nombre de Sitio | Porcentaje de Composición |       | Parámetros de Sedimentos |                      |
|-----------------|---------------------------|-------|--------------------------|----------------------|
|                 | Arena                     | Fines | D <sub>máx</sub> [mm]    | D <sub>50</sub> [mm] |
| S1              | 99.3                      | 0.7   | 0.50                     | 0.18                 |
| S2              | 99.5                      | 0.5   | 1.00                     | 0.26                 |
| S3              | 99.9                      | 0.1   | 2.00                     | 0.47                 |
| S4              | 99.8                      | 0.2   | 1.00                     | 0.24                 |
| S5              | 99.6                      | 0.4   | 1.00                     | 0.23                 |
| S6              | 99.6                      | 0.4   | 2.00                     | 0.24                 |
| S7              | 99.9                      | 0.1   | 1.00                     | 0.31                 |
| S8              | 99.9                      | 0.1   | 2.00                     | 0.31                 |
| S9              | 100.0                     | -     | 4.75                     | 0.38                 |
| S10             | 99.4                      | 0.6   | 1.00                     | 0.27                 |
| S11             | 99.7 <sup>(a)</sup>       | 0.3   | 9.50                     | 0.65                 |
| S12             | 99.7                      | 0.3   | 4.75                     | 0.40                 |
| S13             | 99.8                      | 0.2   | 2.00                     | 0.39                 |
| S14             | 99.7                      | 0.3   | 2.00                     | 0.40                 |
| S15             | 99.6                      | 0.4   | 2.00                     | 0.35                 |
| S16             | 99.7                      | 0.3   | 2.00                     | 0.51                 |
| S17             | 99.8                      | 0.2   | 2.00                     | 0.29                 |
| S18             | 99.7                      | 0.3   | 2.00                     | 0.42                 |
| S19             | 99.7                      | 0.3   | 2.00                     | 0.31                 |

<sup>(a)</sup> La muestra incluía un 0.3% de arena muy gruesa/gravilla fina.

Notas: D<sub>max</sub> = diámetro máximo del grano; D<sub>50</sub> = diámetro promedio del grano; mm = milímetro.

También se recogieron muestras de los bordes interiores y exteriores de los bancos en la boca de la bahía presentes en los estuarios de los Ríos Caimito Bajo, Petaquilla y Coclé del Norte. Las muestras de sedimentos recogidos en los bancos de la boca de la bahía indican que los sedimentos en los bancos son predominantemente un tamaño de arena (Tabla 3-8).

Las muestras recogidas en los bancos de la boca de la bahía en los estuarios son de tamaño similar al de los sedimentos de la playa en la parte tanto del lado mar como de la tierra (exterior e interior), lo que sugiere que los bancos en la boca de la bahía son mantenidos por sedimentos de derivación costera y no por sedimentos fluviales depositados en la costa por los ríos.

**Tabla 3-8 Datos de las Muestras de Sedimentos de los Bancos en la Boca de la Bahía**

| Nombre de Estación   | Porcentaje de Composición |       | Parámetros de Sedimentos |                      |
|----------------------|---------------------------|-------|--------------------------|----------------------|
|                      | Arena                     | Finos | D <sub>máx</sub> [mm]    | D <sub>50</sub> [mm] |
| Dentro de Caimito    | 99.8                      | 0.2   | 2.00                     | 0.30                 |
| Fuera de Caimito     | 99.7                      | 0.3   | 1.00                     | 0.20                 |
| Dentro de Petaquilla | 99.7                      | 0.3   | 1.00                     | 0.25                 |
| Fuera de Petaquilla  | 99.4                      | 0.6   | 1.00                     | 0.30                 |
| Dentro de Coclé      | 99.6                      | 0.4   | 1.00                     | 0.22                 |
| Fuera de Coclé       | 99.7                      | 0.6   | 1.00                     | 0.21                 |

Notas: D<sub>max</sub> = diámetro máximo de grano; mm = milímetro; D<sub>50</sub> = diámetro promedio de grano.

### 3.6.2.3 Muestreo de Sólidos Totales Suspendedos en la Zona de Corrientes Superficiales

En la mañana del 16 de enero del 2008 se recogieron 11 muestras para análisis de STS, desde un bote utilizando una botella Niskin de 10-L que dejó descender hasta el fondo. Los sitios de muestreo para el total de sólidos se muestran en la Tabla 3-9 y la Figura 2-4. El muestreo se llevó a cabo para documentar las ocurrencias de la pluma de sedimentos de agua turbia causada por los grandes caudales de la parte baja del Río Caimito. La dirección de la pluma de sedimentos fue afectada por la acción de las olas y la acción del viento en la zona cerca de la costa. El resultado de las muestras para calidad de agua tomadas a lo largo de la costa y dentro del estuario de la parte baja del Río Caimito se muestra en la Tabla 3-9. Los sitios de muestreo incluyeron puntos dentro y fuera de los bordes limítrofes de la pluma de sedimentos. Se recogieron dos muestras STS en la parte inferior del Río Caimito durante niveles altos de caudal, una el día 15 de enero del 2008 y otra el día 16 de enero del 2008.

### 3.6.3 Análisis e Interpretación

El desplazamiento de sedimentos inmediatamente al oeste de Punta Rincón generalmente se dirige hacia el oeste hacia Ensenada de Rincón hasta Quebrada Monte (Figura 3-30). En Quebrada Monte el desplazamiento neto de sedimentos parece dirigirse al este hacia Quebrada Monte desde el lado oeste de la playa, la cual es la dirección inversa a la de Punta Rincón a la Quebrada Monte. Este cambio en la dirección del transporte de sedimentos sugiere que la acumulación de sedimentos ocurre mar adentro de la Quebrada Monte, posiblemente en el sitio del área identificada como “riesgo subacuático general” en los mapas disponibles. El área parece coincidir

con una área de aguas menos profundas que en las secciones adyacentes a Ensenada de Rincón.

**Tabla 3-9 Resultados del Total de Sólidos Suspendidos en Agua Marina (Muestras Tomadas el 16 Enero 2008)**

| Nombre de la Muestra | Total de Sólidos Suspendidos [mg/L] |
|----------------------|-------------------------------------|
| T1                   | 12                                  |
| T2                   | 6                                   |
| T3                   | 9                                   |
| T4                   | 8                                   |
| T5                   | 7                                   |
| T6                   | 9                                   |
| T7                   | 25                                  |
| T8                   | 15                                  |
| T9                   | 9                                   |
| T10                  | 9                                   |
| Río Caimito          | 11                                  |

Nota: mg/L = miligramos por litro.

La fuerte inclinación de la playa al este de Punta Rincón indica que esta playa está más expuesta a la acción de las olas que la playa hacia el oeste. Esto es consistente con la dirección predominante de las olas observada desde el noreste. Las inclinaciones de la playa indican que la erosión es más frecuente en las playas al este de Punta Rincón, y que la erosión es menos frecuente en las playas al oeste de Punta Rincón. Las inclinaciones de playa son típicas de la variación en de las inclinaciones de las playas comunes de las costas marinas expuestas con sedimentos predominantemente arenosos a lo largo de la costa. Las muestras de sedimento recogidas también confirman las direcciones del transporte de sedimentos observadas alejándose de Punta Rincón.

El muestreo del total de sólidos suspendidos indica que, aún durante períodos en que se observó plumas de sedimentos en la parte baja del Río Caimito, los valores STS son muy bajos cerca al sitio del puerto. Esta observación es consistente con una limitada descarga de sedimentos finos por el río, y el limitado desarrollo de pluma de sedimentos siendo también consistente con las aguas marinas tropicales generalmente transparentes de la zona.

### 3.7 TEMPERATURA Y SALINIDAD DE AGUA MARINA

Esta sección describe la temperatura y salinidad del agua marina, y se basa en datos recogidos en el sitio y reportados en este estudio de línea base, la línea base para calidad de agua, y la línea base de biología marina. La Sección 3.10 discute la salinidad del estuario.

#### 3.7.1 Resumen de la Revisión de las Publicaciones

Existen referencias (por ejemplo, Sheng y Tang 2003) que proporcionan mediciones y proyecciones de salinidad y temperatura mar adentro en el Mar Caribe. Por ejemplo, se proporciona un perfil de temperatura en la Cuenca Colombiana que presenta un rango de temperatura entre 10°C y 11°C a una profundidad de 383 m. En la Tabla 3-10 se muestran las temperaturas del agua interpoladas a diferentes profundidades. En la curva de nivel de 100 m (aproximadamente 1,500 m mar adentro en Punta Rincón) se proyecta que la temperatura tenga una variación estacional de 24°C a 25°C y en la curva de nivel de 200 m (1,900 m mar adentro) la temperatura es probable que se mantenga relativamente constante en 20°C durante el año.

**Tabla 3-10 Proyecciones de Temperatura de Aguas Profundas en la Cuenca Colombiana**

| Profundidad<br>[m] | Temperatura (°C) |        |
|--------------------|------------------|--------|
|                    | Febrero          | Agosto |
| superficie         | 26               | 28     |
| 100                | 24               | 25     |
| 200                | 20               | 20     |
| 300                | 15               | 15     |

Notas: m = metro; °C = grados Celsius.

Fuente: Sheng y Tang 2003.

Se identificó un segundo estudio (D'Croz y Robertson 1997) que midió la calidad de agua en Punto San Blas, localizado varios cientos de km al este de Colón. El muestreo del agua fue realizado semanalmente entre 1993 y 1997. Según D'Croz y Robertson (1997), "la mayoría de los variables de medición para la calidad de agua demuestran solamente pequeñas fluctuaciones estacionales. La salinidad se mantuvo relativamente alto durante todo el año, y mostró sólo una sugerencia máxima en la estación seca. La visibilidad del agua en San Blas, aproximadamente el doble de la visibilidad que en el lado del Pacífico, mostró una ligera tendencia a llegar a un máximo a finales de la época de lluvia" (ver la Tabla 3-11).



### 3.7.2 Resultados de Campo

Los datos registrados sobre temperatura y salinidad del agua se resumen en la Tabla 3-12 y se muestran en las Figuras 3-31 y 3-32, respectivamente. La localización de los sitios de muestreo se muestra en la Figura 2-5. Las observaciones demuestran lo siguiente:

- Existe una variación de temperatura del agua de alrededor de 4°C entre las diferentes estaciones del año.
- La temperatura del agua está fuertemente influenciada por la radiación solar, observándose las temperaturas más altas en la superficie del agua. Existe una reducción de 1°C a 2°C en la variación de la temperatura según la profundidad del agua desde la superficie hasta una profundidad de aproximadamente 50 m.
- Las temperaturas más cálidas medidas correspondían a octubre (temperatura superficial promedio de 30.3°C) y las temperaturas más bajas del agua (la temperatura promedio a 7 m a 9 m de profundidad era 27.4°C) fueron medidas en diciembre.
- La salinidad se aumenta marginalmente con la profundidad (desde la superficie hasta una profundidad de aproximadamente 32 m) por aproximadamente 2 a 4 partes por mil (ppm) para los meses de octubre y diciembre 2007, respectivamente (Figura 3-32).
- Para el mes de julio del 2007, el aumento de la salinidad con una profundidad hasta 32 m es de 10 ppm aproximadamente (suponiéndose dos puntos de datos entre 12 ppm y 16 ppm como límites).
- Se determinó que la máxima variación estacional en la salinidad sobre la profundidad medida de 30 m de la columna de agua fue de 12 ppm durante el período de observación.

**Tabla 3-11 Valores Medio de las Variables de Agua Medidos Semanalmente en el Punto San Blas**

| Punto San Blas (Caribe)      | Época de Sequía           |      |      |                      |
|------------------------------|---------------------------|------|------|----------------------|
|                              | Medio [EE] <sup>(a)</sup> | Mín  | Máy  | Tamaño de la Muestra |
| temperatura superficial (°C) | 27.9 (0.0)                | 27.1 | 30.0 | 369                  |
| salinidad (ppm)              | 34.8 (0.0)                | 31.0 | 36.3 | 369                  |
| disco sechhi (m)             | 16.6 (0.4)                | 4.5  | 23.4 | 170                  |

| Punto San Blas (Caribe)      | Época de Lluvia           |      |      |                      |
|------------------------------|---------------------------|------|------|----------------------|
|                              | Medio [EE] <sup>(a)</sup> | Mín  | Máy  | Tamaño de la Muestra |
| temperatura superficial (°C) | 28.7 (0.0)                | 26.6 | 30.0 | 791                  |
| salinidad (ppm)              | 34.2 (0.0)                | 30.5 | 37.2 | 791                  |
| disco sechhi (m)             | 16.4 (0.3)                | 4.0  | 27.7 | 400                  |

| Punto San Blas (Caribe)      | Período de Muestreo       |      |      |                      |
|------------------------------|---------------------------|------|------|----------------------|
|                              | Medio [EE] <sup>(a)</sup> | Mín  | Máy  | Tamaño de la Muestra |
| temperatura superficial (°C) | 28.5 (0.0)                | 26.6 | 30.0 | 1,160                |
| salinidad (ppm)              | 34.4 (0.0)                | 30.5 | 37.2 | 1,160                |
| disco sechhi (m)             | 16.4 (0.2)                | 4.0  | 27.7 | 570                  |

<sup>(a)</sup> EE = error estándar.

Notas: °C = grados Celsius; ppm = partes por mil; m = metros.

Fuente: D'Croz y Robertson 1997.

**Tabla 3-12 Resumen de las Temperaturas y Salinidades del Agua Medidas**

| Nombre de Estación | Tipo de Medición | Período de Datos | Profundidad [m] | Temperatura [°C] | Salinidad [ppm] |
|--------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| P <sub>2</sub>     | discreta         | Julio 2007       | 0.00            | 28.70            | 30.00           |
|                    |                  |                  | 30.80           | 27.90            | 36.10           |
| P <sub>5</sub>     | discreta         |                  | 0.10            | 28.80            | 15.90           |
|                    |                  |                  | 21.20           | 27.80            | 34.90           |
| P <sub>8</sub>     | discreta         |                  | 0.00            | 29.00            | 13.40           |
|                    |                  |                  | 9.70            | 28.35            | 33.80           |
| P <sub>17</sub>    | discreta         |                  | 0.00            | 28.50            | 26.20           |
|                    |                  |                  | 9.80            | 28.30            | 33.70           |
| P <sub>23</sub>    | discreta         |                  | 0.10            | 28.60            | 28.80           |
|                    |                  |                  | 30.50           | 27.50            | 35.90           |
| P <sub>25</sub>    | discreta         |                  | 0.00            | 28.70            | 31.10           |
|                    |                  |                  | 21.50           | 28.50            | 34.90           |
| P <sub>27</sub>    | discreta         |                  | 0.00            | 28.80            | 33.20           |
|                    |                  |                  | 19.20           | 28.60            | 34.90           |
| P <sub>4</sub>     | remota           | Octubre 2007     | 22.00           | 29.20            | 36.80           |
| P <sub>7</sub>     | remota           |                  | 22.40           | 29.30            | 38.10           |
| P <sub>10</sub>    | discreta         |                  | 27.00           | 28.90            | 38.40           |
| P <sub>11</sub>    | discreta         |                  | 7.30            | 29.60            | 36.30           |
| P <sub>12</sub>    | discreta         |                  | 14.90           | 29.70            | 37.50           |
| P <sub>13</sub>    | discreta         |                  | 0.10            | 29.90            | 34.50           |
|                    |                  |                  | 10.70           | 29.40            | 36.40           |
| P <sub>14</sub>    | discreta         |                  | 9.00            | 29.90            | 36.20           |
| P <sub>15</sub>    | discreta         |                  | 0.82            | 29.50            | 34.50           |
| P <sub>19</sub>    | discreta         |                  | 0.10            | 31.00            | 34.10           |
| P <sub>20</sub>    | discreta         |                  | 0.10            | 30.30            | 34.70           |
| P <sub>21</sub>    | discreta         | Octubre 2007     | 0.30            | 31.00            | 34.00           |
| P <sub>22</sub>    | discreta         |                  | 0.30            | 29.50            | 34.50           |
|                    |                  |                  | 6.20            | 29.40            | 35.10           |
| P <sub>24</sub>    | discreta         |                  | 0.50            | 30.00            | 34.50           |
| P <sub>26</sub>    | discreta         |                  | 0.70            | 29.90            | 35.00           |
|                    |                  |                  | 20.10           | 29.40            | 36.40           |
| P <sub>28</sub>    | discreta         |                  | 0.15            | 29.70            | 34.10           |
| P <sub>30</sub>    | remota           |                  | 13.00           | 29.80            | 34.70           |
| P <sub>31</sub>    | discreta         |                  | 0.20            | 29.80            | 33.70           |
| P <sub>1</sub>     | remote           | Diciembre 2007   | 12.20           | 27.20            | 33.30           |
| P <sub>3</sub>     | discreta         |                  | 12.40           | 27.40            | 32.10           |
| P <sub>6</sub>     | remota           |                  | 21.80           | 27.60            | 33.90           |
| P <sub>9A</sub>    | discreta         |                  | 9.60            | 27.40            | 31.60           |
| P <sub>9B</sub>    | discreta         |                  | 9.20            | 27.50            | 31.70           |

**Tabla 3-12 Resumen de las Temperaturas y Salinidades del Agua Medidas  
(continuación)**

| Nombre de Estación                    | Tipo de Medición | Período de Datos | Profundidad [m] | Temperatura [°C] | Salinidad [ppm] |
|---------------------------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| P <sub>16</sub>                       | remota           | Diciembre 2007   | 14.90           | 27.30            | 32.70           |
| P <sub>18</sub>                       | discreta         |                  | 7.20            | 27.40            | 31.90           |
| P <sub>29</sub>                       | remota           |                  | 12.50           | 27.30            | 33.50           |
| Sitios de Muestreo de Calidad de Agua | M-1              | Junio 2008       | 1.50            | 28.87            | 38.4            |
|                                       | M2-1             |                  | 5.00            | 29.40            | n/a             |
|                                       | M2-2             |                  | 10.00           | 28.81            | 39.0            |
|                                       | M2-3             |                  | 15.00           | 28.61            | 39.4            |
|                                       | M3-1             |                  | 0.00            | 29.87            | 38.7            |
|                                       | M3-2             |                  | 10.00           | 29.44            | 38.8            |
|                                       | M3-3             |                  | 20.00           | 29.52            | 38.8            |
| Área del Puerto                       | TS1              | Abril 2009       | 0.7             | 28.10            | n/a             |
|                                       |                  |                  | 7.8             | 28.00            | n/a             |
|                                       | TS2              |                  | 0.4             | 28.20            | n/a             |
|                                       |                  |                  | 14.2            | 27.80            | n/a             |
|                                       | TS3              |                  | 0.7             | 28.10            | n/a             |
|                                       |                  |                  | 13.2            | 27.90            | n/a             |
|                                       | TS4              |                  | 0.7             | 28.20            | n/a             |
|                                       |                  |                  | 16.7            | 27.80            | n/a             |
|                                       | TS5              |                  | 0.9             | 28.40            | n/a             |
|                                       |                  |                  | 25.0            | 27.60            | n/a             |
|                                       | TS6              |                  | 0.2             | 29.50            | n/a             |
|                                       |                  |                  | 21.5            | 27.70            | n/a             |
|                                       | TS7              |                  | 0.1             | 28.30            | n/a             |
|                                       |                  |                  | 29.6            | 27.00            | n/a             |
|                                       | TS8              |                  | 0.1             | 28.10            | n/a             |
|                                       |                  |                  | 35.3            | 27.00            | n/a             |
|                                       | TS9              |                  | 0.1             | 28.80            | n/a             |
|                                       |                  |                  | 42.0            | 26.90            | n/a             |
|                                       | TS10             |                  | 0.1             | 28.70            | n/a             |
|                                       |                  |                  | 51.0            | 26.70            | n/a             |

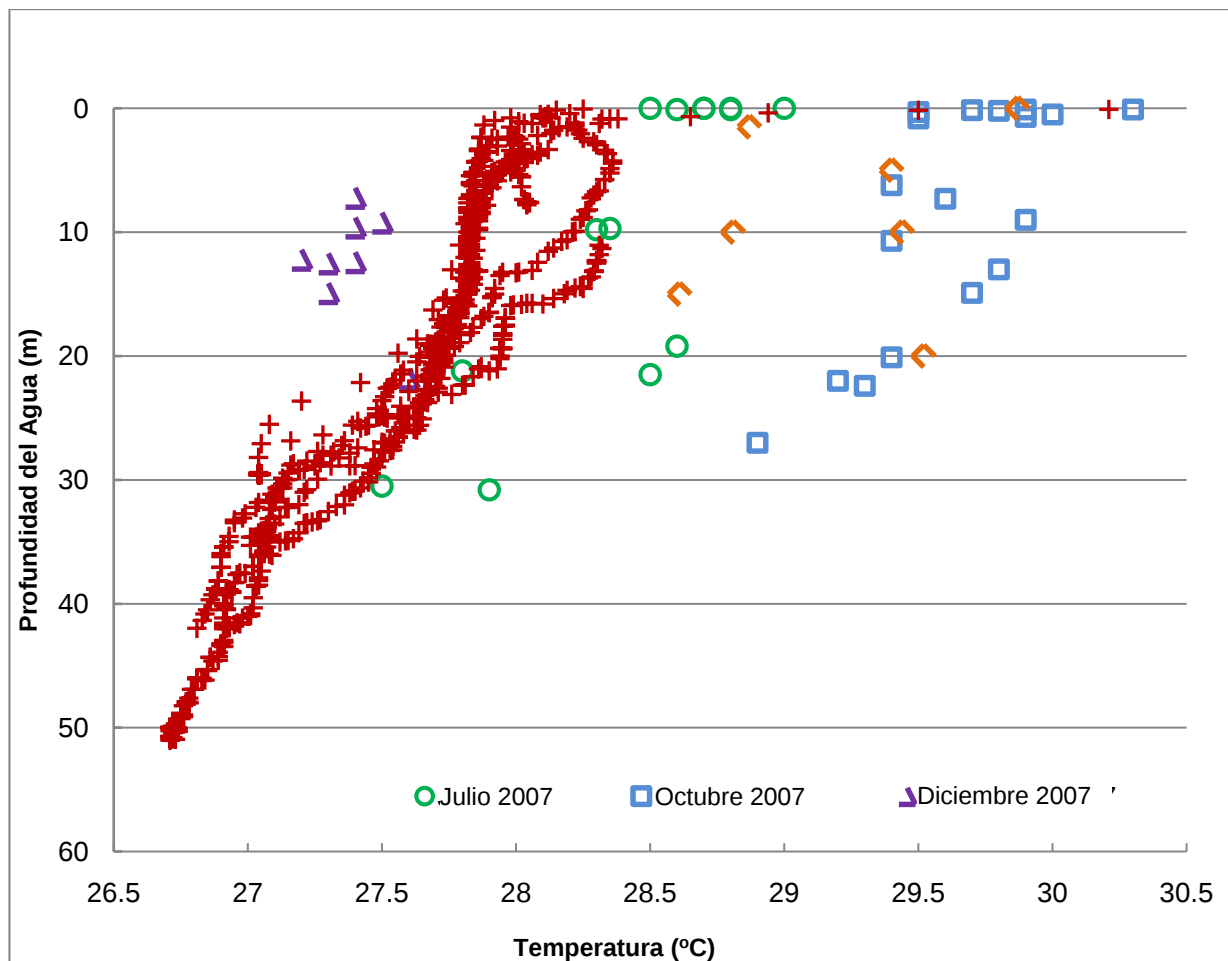
Notas: m = metro; °C = grados Celsius; ppm = partes por mil; n/a = no disponible.

Remoto: la Implementación remota para la recolección de datos de calidad de agua durante largos períodos o períodos extendidos. La frecuencia de muestreo fue cada 15 minutos.

Discreto: En este modo de muestreo, el instrumento para medir la calidad del agua era implementado desde una embarcación, lo deslizaba a profundidad y luego lo recuperaba.

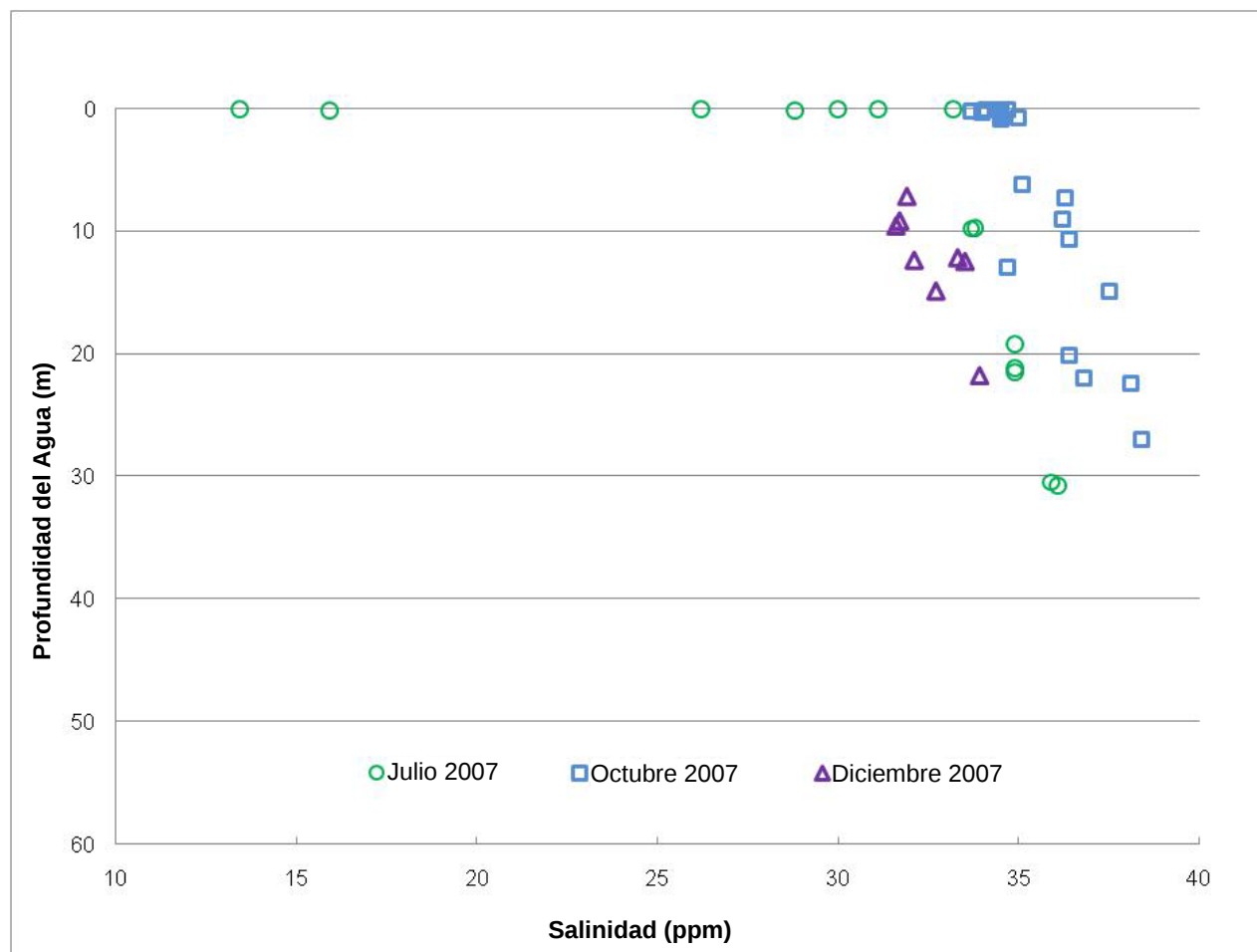


**Figura 3-31 Calidad del Agua Marina de la Línea Base: Resumen de los Datos de Temperatura**



Notas: m = metros; °C = grados Celsius.

**Figura 3-32 Salinidad Medida Cerca del Sitio del Puerto**



Notas: m=metro; ppm = partes por mil.

### 3.7.3 Análisis e Interpretación

Los datos de temperatura y salinidad indican condiciones térmicas y de salinidad de mezcla, sin observación inmediata de termoclina en profundidades inferiores a 50 m. Esto es consistente con mareas de poca profundidad en zonas tropicales donde el fuerte calentamiento termal por radiación solar y mezclas relacionadas a las olas y corrientes producen una ausencia general de gradientes termales bien desarrolladas. Las temperaturas de la superficie medidas parecían ser ligeramente más altas que los valores de los documentos publicados.

La máxima variación de temperatura observada en los datos de campo entre la superficie marina y el lecho marino fue de 2°C. Esta limitada variación tendrá que ser

tenida en cuenta al diseñar la salida y el difusor del circuito de enfriamiento de la planta de energía.

### **3.8 CALIDAD DE AGUA MARINA Y ESTUARINA**

Esta sección resume el trabajo realizado y reportado en la línea base sobre la calidad del agua y sedimentos (Anexo VIII), y comprende solamente los parámetros químicos de la calidad del agua de STS y metales totales. En la Sección 3.7 se discute la salinidad marina y en la Sección 3.10 la salinidad del estuario. Estos parámetros fueron seleccionados ya que son importantes para la evaluación de las propiedades físicas y químicas del agua marina. Otros parámetros biológicos de la calidad del agua se encuentran en la línea base de biología marina (Anexo XV).

#### **3.8.1 Resumen de la Revisión de las Publicaciones**

Existen pocos documentos publicados sobre la calidad del agua de la costa Caribeña de Panamá cerca del Puerto. No se encontraron publicaciones sobre metales totales en el sitio.

Las regulaciones del agua marina consideradas en la selección de criterios ambientales son presentadas en la Sección 5.3 Descripción del Proyecto del EslA. No existen regulaciones panameñas aprobadas sobre la calidad del agua marina receptora, pero sí se disponen de un anteproyecto de ley de las regulaciones. El primer anteproyecto se titula:

- Anteproyecto de Ley "Por la cual se dicta las Normas de Calidad Ambiental para Aguas Naturales". Estándares de Calidad de Agua. Esta regulación es similar a las regulaciones correspondientes al agua dulce, en el sentido de que el agua marina receptora está clasificada según su uso final:
  - Clase 1-M: Aguas marinas para la preservación y conservación de la vida acuática, recreación con contacto directo, desarrollo de acuicultura y actividades pesqueras;
  - Clase 2-M: Aguas marinas para la conservación de la vida acuática, recreación de mediano riesgo y pesca recreativa; y
  - Clase 3-M: Aguas marinas para la navegación y estética.

La segunda regulación panameña sobre el agua marina se titula:

- Anteproyecto de Ley "Por el cual se dicta la Norma Primaria de Calidad Ambiental de las Aguas Marinas y Costeras". Anteproyecto de Ley 2006.

A pesar de que existen algunas discrepancias entre estos proyectos de ley de regulaciones, ambos son considerados aplicables. Por cada parámetro regulado, el valor mínimo de las dos regulaciones fue seleccionado como el criterio ambiental para el agua marina, para garantizar que se consideraran los requisitos más rigurosos. Las guías (CCME 2006) del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME) para la protección de la vida acuática marina también fueron tenidas en cuenta. Para cada parámetro, se seleccionó el valor más bajo de las guías como criterio ambiental del agua marina, que se resumen en la Sección 5.3 Descripción del Proyecto del EsIA.

### **3.8.2 Resultados de Campo**

#### **3.8.2.1 Agua de Mar – Datos de Campo de Enero del 2008**

En el Apéndice B se resumen los datos sobre la calidad del agua marina de enero del 2008. Los resultados de laboratorio (Apéndice B) fueron comparados con las normas más rigurosas de calidad de agua entre las regulaciones panameñas y el CCME (ver Apéndice B). Las observaciones son las siguientes:

- Se observó que las concentraciones de STS fueron bajas (1 a 16 miligramos por litro [mg/L]) en las muestras marinas. El máximo de 16 mg/L fue medido en la desembocadura de la parte baja del Río Caimito. Esto se compara favorablemente con la muestra recogida mar adentro de la desembocadura del estuario del Río Coclé del Norte, la cual estaba influenciada por una columna de agua dulce y tenía una concentración máxima de STS de 71 mg/L.
- Las concentraciones de cobre y aluminio total fueron elevadas en varias muestras marinas en comparación con los criterios ambientales seleccionados. Las concentraciones de aluminio total fueron en general más elevadas en aguas mar adentro fuera del estuario del Río Coclé del Norte con una concentración de 0.92 mg/L lo que correspondiente a la elevada concentración de STS en este sitio. Las concentraciones de cobre total fueron consistentemente altas en comparación con los criterios ambientales seleccionados en las aguas mar adentro fuera del sitio del puerto, con una variación entre 0.01 mg/L y 0.014 mg/L. Las concentraciones de cobre total en otros puntos de muestra marina (e.g. desembocaduras de los ríos) alcanzaron un máximo de 0.011 mg/L (esta concentración fue observada en la desembocadura de los ríos Caimito Bajo y Petaquilla). Las concentraciones de cobre total en la desembocadura del Río Coclé del Norte fueron más bajas, siendo 0.005 mg/L.



### **3.8.2.2 Agua de Mar – Datos de Campo de Junio del 2008**

Los datos sobre la calidad del agua marina para junio del 2008 aparecen en el Apéndice B. Las observaciones son las siguientes:

- Las concentraciones de STS fueron bajas en las muestras marinas, generalmente menores de 5 mg/L con un máximo de 23 mg/L observado mar adentro de la desembocadura del estuario del Río Coclé del Norte.
- Las concentraciones de cobre y aluminio total fueron elevadas en comparación con los criterios ambientales seleccionados. Las concentraciones de aluminio total fueron en general más altas mar adentro de la desembocadura del Río Coclé del Norte, con una concentración de 0.44 mg/L que corresponden a la elevada concentración de STS en este sitio. Las concentraciones de cobre total fueron consistentemente altas, en comparación con los criterios ambientales seleccionados, en las aguas mar adentro del sitio del puerto y la desembocadura de los Ríos Petaquilla y Caimito Bajo, con una variación entre 0.013 mg/L y 0.018 mg/L. Las concentraciones de cobre total en la desembocadura del Río Coclé del Norte fueron más bajas, observándose un máximo de 0.009 mg/L.

### **3.8.3 Calidad de Agua del Estuario**

#### **3.8.3.1 Estuario – Datos de Campo Enero 2008**

Se recogieron muestras de calidad del agua del estuario en los estuarios de los Ríos Caimito Bajo, Petaquilla y Coclé del Norte, y los resultados analíticos son incluidos en el Apéndice B. Las observaciones son las siguientes:

- Las concentraciones más altas de STS, en comparación con los sitios de muestras marinas, fueron medidos en los estuarios. Las concentraciones variaban entre 2 mg/L y 89 mg/L. Los elevados valores de STS en los estuarios podrían estar asociados a las escorrentías pluviales de una tormenta que ocurrió inmediatamente antes de efectuarse el muestreo.
- Se observó que las concentraciones de metales totales eran similares entre el sitio marino y el sitio de los estuarios. Las concentraciones de aluminio total de las muestras recogidas en los estuarios de la parte baja del Río Caimito (0.47 mg/L) y Coclé del Norte (0.84 mg/L) fueron mayores que los criterios ambientales seleccionados (0.01 mg/L). Las concentraciones de cobre total variaron entre 0.005 mg/L y 0.014 mg/L y con valores en los estuarios de la parte baja del Río Caimito (0.0095 mg/L) y el Petaquilla (0.01 mg/L) que fueron mayores que los criterios ambientales seleccionados (0.005 mg/L).

### **3.8.3.2 Estuario – Datos de Campo de Junio del 2008**

Un resumen de los datos de la calidad del agua del estuario recogidos en junio del 2008 (Apéndice B) indican lo siguiente:

- Las concentraciones de los niveles de STS fueron relativamente bajos en los estuarios (variaron entre 1 mg/L y 7 mg/L) probablemente como resultado de los niveles de los caudales relativamente bajos de los ríos durante el período de muestreo.
- Se observó que las concentraciones de metales totales eran similares a las de los sitios marinos. Por ejemplo, las concentraciones del aluminio total variaron entre 0.043 mg/L y 0.14 mg/L. La máxima concentración de aluminio total fue medida en el estuario del Coclé del Norte, siendo mayor que el criterio ambiental de 0.01 mg/L. Las concentraciones de cobre total variaron entre 0.0025 mg/L y 0.013 mg/L, y el valor máximo fue recogido en el estuario del Petaquilla, siendo mayor que el criterio ambiental (0.005 mg/L).

### **3.8.4 Análisis e Interpretación**

#### **3.8.4.1 Calidad de Agua Marina**

Se observó poca variación en la concentración de metales totales entre las dos rondas de muestreo. El ambiente marino está caracterizado por concentraciones muy bajas de STS históricas, y los valores más altos están relacionados a eventos de alto caudal procedente de los estuarios. Existen concentraciones naturalmente elevadas de metales totales en el agua marina, de los cuales el aluminio y el cobre son particularmente notables. Esto probablemente refleja el STS relacionados con el aluminio y el cobre procedentes de la erosión de las áreas mineralizadas aguas arriba que luego desembocan en el Mar Caribe.

#### **3.8.4.2 Calidad de Agua del Estuario**

La calidad del agua del estuario es variable, y depende principalmente de las lluvias aguas arriba y el correspondiente caudal de los ríos. El caudal del río afecta directamente las concentraciones de STS. El STS en el estuario aumenta durante un caudal alto, con las mayores concentraciones de STS medidas en 89 mg/L. Se determinó que los metales totales en agua del estuario fueron similares a las muestras marinas. Las más altas concentraciones de aluminio total se asociaron a las elevadas concentraciones de STS en aguas del río. Es probable que los niveles naturalmente elevados de metales totales se deban a la mineralogía de las cuencas que drenan el área de tierras altas.

### 3.9 CALIDAD SEDIMENTOS MARINOS Y DE LOS ESTUARIOS

#### 3.9.1 Resumen de la Revisión de las Publicaciones

Existen pocas fuentes de datos sobre la calidad de sedimentos en el Mar Caribe (Fernández et al. 2007). Estudios anteriores (por ejemplo, Guzmán y Jiménez 1992; Guzmán y García 2002) reportan solamente datos limitados sobre un conjunto selecto de parámetros de calidad, que se resumen en la Tabla 3-13.

**Tabla 3-13 Resumen de Datos Sobre Calidad de Sedimentos para la Costa Caribeña de Panamá y Costa Rica**

| Parámetro Calidad Sedimentos | Concentración [µg/g] de Metales en Sedimentos de la Costa Caribeña de Panamá <sup>(b)</sup> | Concentración [µg/g] de Metales en Sedimentos de la Costa Caribeña de Costa Rica <sup>(b)</sup> |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| aluminio                     | 4,094.6                                                                                     | 9,261.1                                                                                         |
| cadmio                       | 7.0                                                                                         | 5.9                                                                                             |
| cromo                        | 9.2                                                                                         | 19.1                                                                                            |
| cobre                        | 4.1                                                                                         | 8.7                                                                                             |
| hierro                       | 1,705.6                                                                                     | 4868.6                                                                                          |
| plomo                        | 33.2                                                                                        | 28.6                                                                                            |
| manganeso                    | 171.0                                                                                       | 303.8                                                                                           |
| mercurio <sup>(a)</sup>      | 0.062                                                                                       | 0.0859                                                                                          |
| níquel                       | 93.1                                                                                        | 100.5                                                                                           |
| vanadio                      | 66.0                                                                                        | 153.7                                                                                           |
| zinc                         | 15.8                                                                                        | 19.6                                                                                            |

<sup>(a)</sup> Guzmán y García (2002).

<sup>(b)</sup> Guzmán y Jiménez (1992). (Tabla 3, Página 559).

Nota: µg/g = microgramos por gramo.

#### 3.9.2 Resultados de Campo

##### 3.9.2.1 Calidad de los Sedimentos Marinos

En la Tabla 1 del Apéndice C se resume la información sobre la calidad de sedimentos marinos. El análisis químico de laboratorio de los sedimentos marinos fue comparado con las guías CCME para sedimentos marinos, ya que actualmente no existen normas panameñas ni de la Corporación Financiera Internacional (CFI). Un solo metal, el arsénico, presentó niveles consistentemente elevados en comparación con las normas seleccionadas. Las concentraciones de arsénico variaron entre 18.7 y

46.1 microgramos por gramo ( $\mu\text{g/g}$ ) comparadas con el límite de la guía de  $7.24 \mu\text{g/g}$ . Otros metales que presentaron niveles elevados en comparación con los criterios seleccionados fueron los siguientes:

- el cobre varió entre  $12 \mu\text{g/g}$  y  $18 \mu\text{g/g}$  utilizando un criterio de  $18.7 \mu\text{g/g}$ ; y
- el zinc varió entre  $44 \mu\text{g/g}$  y  $64 \mu\text{g/g}$  utilizando un criterio de  $124 \mu\text{g/g}$ .

### 3.9.2.2 Calidad de los Sedimentos de los Estuarios

En la Tabla 1 del Apéndice C se resumen los datos sobre la calidad de sedimentos del estuario. El análisis químico de las muestras de sedimentos del estuario indicó que el arsénico tenía niveles elevados en sólo una muestra, en comparación con las guías seleccionadas ( $7.24 \mu\text{g/g}$ ). Las concentraciones de arsénico variaron entre  $10 \mu\text{g/g}$  y  $14 \mu\text{g/g}$ . Otros metales encontrados en concentraciones elevadas, comparados con los criterios ambientales seleccionados, incluyen los siguientes:

- el cobre varió entre  $7 \mu\text{g/g}$  y  $10 \mu\text{g/g}$  utilizando un criterio de  $18.7 \mu\text{g/g}$ ; y
- el zinc varió entre  $22 \mu\text{g/g}$  y  $74 \mu\text{g/g}$  utilizando un criterio de  $124 \mu\text{g/g}$ .

### 3.9.3 Análisis e Interpretación

Los datos de la calidad de sedimentos para los sitios marinos y del estuario indican que el puerto estará ubicado en un área donde los parámetros de la calidad de sedimentos se encuentran en rangos típicos para ambientes marinos tropicales. Elevados niveles de aluminio, hierro y manganeso se encuentran de manera natural en elevadas concentraciones en suelos lateríticos y saprolíticos o bauxita que son comunes en el área del Proyecto y en regiones tropicales (Garner 1974). La presencia de concentraciones naturales típicamente elevadas en las fuentes terrestres cercanas de sedimentos sugiere que estas concentraciones elevadas son resultado del depósito de material parental erosionado local a lo largo de la costa, o resultado del lecho marino, o transportados por los ríos desde las cuencas hidrográficas. Los datos de sedimentos marinos locales para las muestras de Punta Rincón indican elevadas concentraciones de aluminio, hierro, magnesio, manganeso y calcio, aunque las concentraciones son comparables a las de los datos sobre la calidad de los sedimentos del estuario.



## **3.10 INTRUSIÓN SALINA DEL ESTUARIO**

### **3.10.1 Resumen de la Revisión de las Publicaciones**

La intrusión de agua salada es un fenómeno común en los estuarios en todas partes del mundo. No se disponía de información sobre la intrusión de agua salada en los estuarios cercanos al puerto.

### **3.10.2 Resultados de Campo**

La intrusión de agua salada fue documentada en varias ocasiones durante el programa de campo en enero y junio del 2008 (Apéndice B). Los datos están incluidos en el Apéndice B en los datos de calidad des agua del estuario. Las observaciones fueron las siguientes:

- En enero del 2008 la salinidad fue relativamente alta en el estuario de la parte baja del Río Caimito, lo que demuestra la influencia de la intrusión de la cuña de sal en el estuario. Se observó una mezcla de agua salada y dulce (mayormente dulce) en el estuario del Río Coclé del Norte.
- En junio del 2008 se midió la salinidad en el estuario del Río Petaquilla siendo relativamente alta, lo que demuestra la influencia de la intrusión de la cuña de sal en el estuario. Se observó una mezcla de agua salada y dulce (mayormente dulce) en los estuarios del Río Caimito Bajo y del Río Coclé del Norte.

Además, las mediciones de descarga fueron obtenidas utilizando las unidades PACD, uno en el Río Petaquilla y tres en la parte baja del Río Caimito. Las descargas promedio de cada conjunto de mediciones se proporcionan en la Tabla 3-14. La Fotografía 3-8 muestra la parte baja del Río Caimito en la etapa de caudal bajo el 11 de enero del 2008 y la Fotografía 3-9 muestra el mismo alcance durante la etapa de inundación cuatro días después.

**Tabla 3-14 Resumen de las Mediciones de Descarga del Río durante el Programa de Campo de Enero del 2008**

| Río                        | Fecha  | Descarga Media<br>[m <sup>3</sup> /s] | Notas                                                                                                            |
|----------------------------|--------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Petaquilla                 | Ene-12 | 0.5                                   | evidencia de cuña de sal, superior a 1.25 m que fluye más rápidamente y en dirección opuesta a los 2 m del fondo |
| Parte Baja del Río Caimito | Ene-14 | 10                                    | evidencia de cuña de sal, superior a 1 m que fluye más rápidamente y en dirección opuesta a los 2 m del fondo    |
|                            | Ene-15 | 830                                   | la cuenca recibió 150 mm de lluvia durante las 12 horas previas a esta medición                                  |
|                            | Ene-16 | 60                                    | limb en receso, la lluvia paró durante la noche                                                                  |

Notas: m<sup>3</sup>/s = metros cúbicos por segundo; m = metro.

El perfil de velocidad del PACD que aparece en la Figura 3-33 muestra la presencia de una cuña de sal en el Río Petaquilla. Los 1.25 m superiores fluyen hacia el mar, mientras que los 2 m más profundos fluyen aguas arriba a una velocidad muy baja. Se observó un efecto similar de cuña de sal en el Río Caimito durante la medición del caudal bajo del 14 de enero del 2008.

### 3.10.2.1 Investigación de la Cuña de Sal del Río Caimito

Los resultados de la investigación de la cuña de sal en el estuario de la parte baja del Río Caimito mostraron que la capa superior (aproximadamente 1 m de profundidad) estaba compuesta principalmente de agua dulce que fluía aguas abajo, mientras que la capa inferior estaba compuesta esencialmente de agua marina casi estacionaria. La cuña de sal se extendía desde la desembocadura del río (Fotografía 3-10) casi 7.2 km aguas arriba hasta unos rápidos (donde el caudal es menor y mas turbulento), que probablemente sirve como una barrera física para la cuña de sal durante condiciones de caudal bajo (ver la Fotografía 3-11). La localización de los rápidos se muestra en la Figura 3-34.

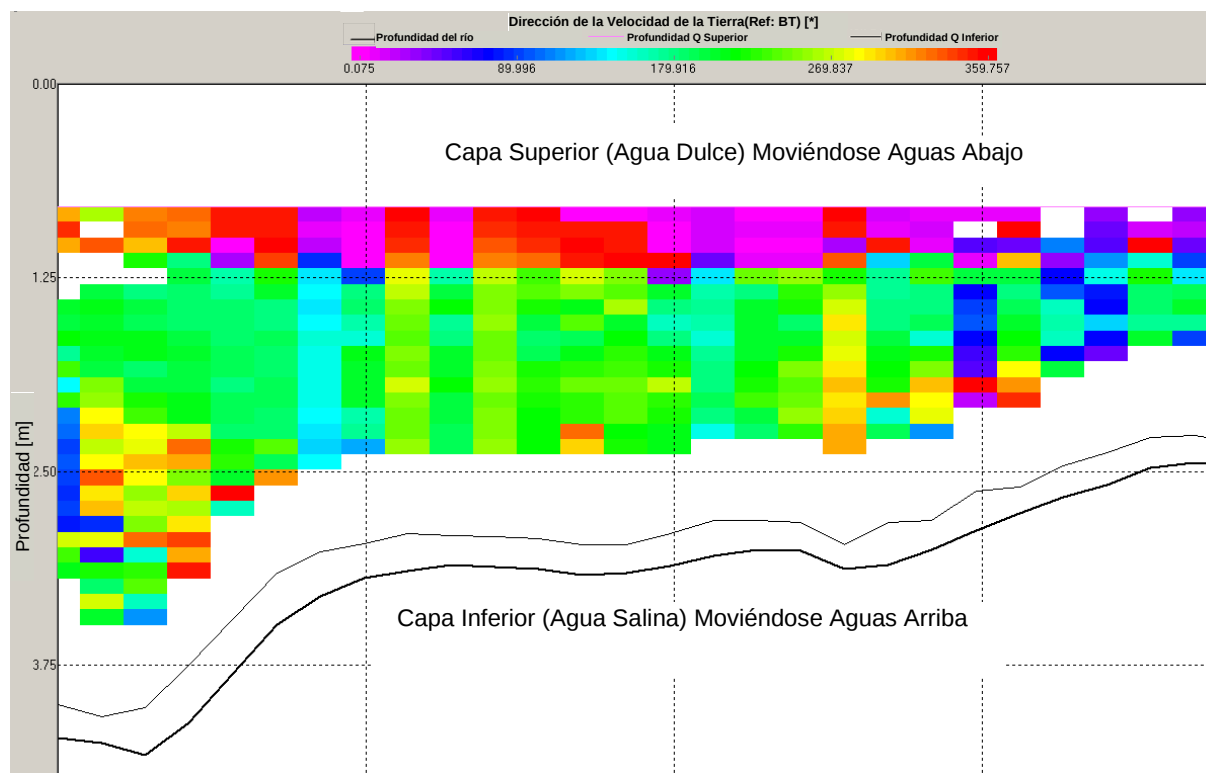


**Fotografía 3-8 Río Caimito durante Condiciones de Bajo Caudal el 11 Enero del 2008**



**Fotografía 3-9 Río Caimito Bajo durante Condiciones de Inundación el 15 Enero del 2008**

**Figura 3-33 Perfil Transversal de Velocidad del Río Petaquilla el 12 Enero del 2008, Aproximadamente 400 m Aguas Arriba de la Desembocadura, Evidencia de Cuña de Sal (0° es el Norte y 90° es el Este)**



Notas: m = metro; Q = flujo de la corriente.

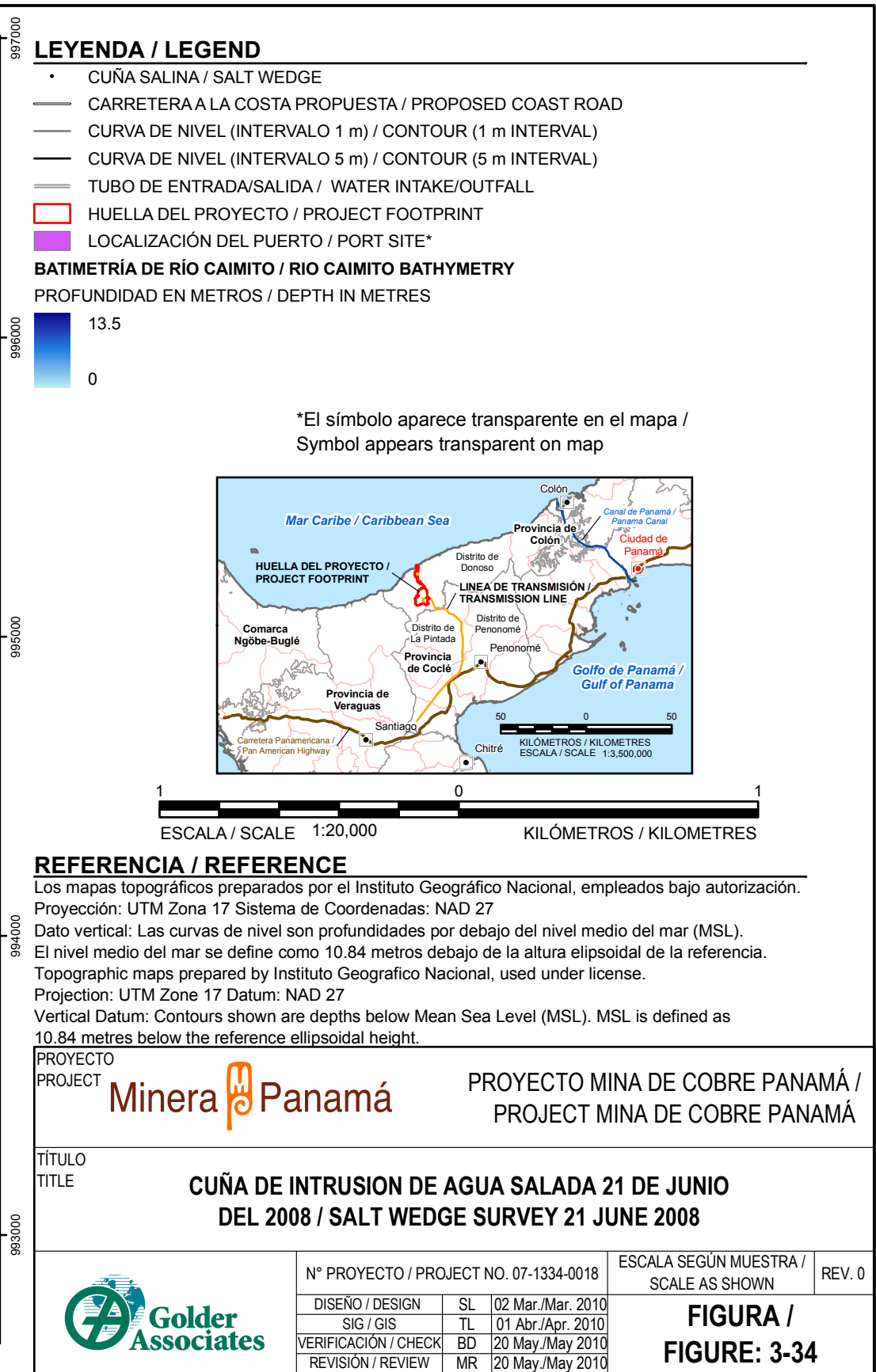


**Fotografía 3-10 Desembocadura de la parte baja del Río Caimito la Mañana del 15 Junio del 2008**



**Fotografía 3-11 Rápidos Justo Aguas Arriba del Sitio 1 en Estudio de la Cuña de Sal en la parte baja del Río Caimito el 15 Junio del 2008; Probablemente Sirve como Barrera Física a la Cuña de Sal Bajo Condiciones de Bajo Caudal**





Las mediciones de salinidad revelaron que los 0.5 m a 1 m superiores en el Sitio 1, justo aguas abajo de los rápidos, estaba compuesta de agua dulce con una salinidad de 0.04 g/L. Moviéndose aguas abajo hasta el Sitio 1, la capa superior de 1 m contenía una mezcla de agua salada y dulce con un nivel de salinidad de 1.1 ppm, mientras que la capa inferior presentaba un nivel de salinidad de 32.6 ppm. En el Sitio 3, cerca de la desembocadura de la parte baja del Río Caimito, la capa superior de 1 m fue una mezcla de agua salada y dulce con salinidad de 2.7 ppm, mientras que la capa inferior presentó una salinidad de 35 ppm.

### 3.10.3 Análisis e Interpretación

Tal como se encuentra frecuentemente en los ríos y estuarios costeros en todas partes del mundo, se observó una cuña de sal en los estuarios de los ríos cercanos al sitio del puerto. La magnitud de la intrusión de agua salina depende del caudal del río, a medida que más agua salina penetre el río desde el mar durante períodos de caudal bajo del río y mareas altas. Sin embargo, las mareas son muy débiles en este sitio, así que el principal mecanismo para la intrusión de agua salina será el caudal del río. Es probable que la intrusión de la cuña de sal en la parte baja del Río Caimito sea limitada por unos rápidos o “riffle” localizada unos 6.2 km aguas arriba de la desembocadura del río.

## 4 RESUMEN

A continuación se resumen los resultados del estudio de la línea base de oceanografía:

- Se produjo un mapa de la batimetría cercana a la costa, con base en datos de la unidad PACD y los datos geofísicos (Figura 3-2).
- El margen medio de la marea en Colón, Panamá, es de 0.21 m, y el margen de marea más alto es de 0.34 m. La comparación entre las mareas proyectadas en Colón y las proyectadas por el modelo global de mareas MIKE 21 demuestran una concordancia general, y las mareas proyectadas en Colón por el modelo de mareas MIKE 21 representan con exactitud el margen y variación de mareas en Punta Rincón. Se espera que el margen de la marea pequeña tenga un efecto mínimo sobre las corrientes a lo largo de la costa y en el sitio del Puerto.

Las corrientes medidas en el sitio confirman los documentos publicados disponibles en cuanto a los siguientes aspectos:

- Las corrientes son variables tanto en el tiempo como en profundidad, y son afectadas por las olas de largo período de tiempo, el viento y la contra-corriente caribeña de mayor escala. Tal como se concluye en la sección sobre las mareas, el efecto de las mareas locales de pequeña escala sobre los patrones de la corriente fue mínimo.
- La profundidad de las corrientes superficiales en el sitio es una función principalmente de la intensidad de viento y la ola, observándose diferentes direcciones de la corriente en la superficie que lo ocurrido más cerca del lecho marino. La profundidad de la “capa” superficial depende de los efectos de la intensidad del viento y las olas, con olas y vientos más elevados que producen una capa superficial más profunda. Sin embargo, los datos proporcionan alguna delimitación de los efectos de varios fenómenos:
  - Durante los tiempos de olas más altas de largo, período se observó la formación de una serie de remolinos cerca de Punta Rincón. Estos remolinos concentran el flujo hacia el mar (alejándose) cerca del sitio del puerto. También un remolino cerca de la costa en la bahía al oeste de Punta Rincón crea un sistema relativamente cerrado en esta bahía. Este efecto parece ocurrir cuando las olas de largo período son mayores de 0.9 m y con período mayor de 8 s. Se proyecta que esta condición pueda ocurrir alrededor del 25% del tiempo.
  - Durante las condiciones de baja altura de las olas, las corrientes son fuertemente afectadas por los vientos locales. Las corrientes son afectadas por el viento de manera predominante cuando las olas de largo período tienen una altura de ola significativa de 0.7 m y un período de 8.5 s.

Los patrones de las corrientes deben ser considerados en la localización y el diseño del difusor de salida.

- Como se ilustra, los vientos registrados en la costa en el sitio no coinciden a los vientos proyectados mar adentro. Esto era de esperarse, ya que los efectos de las variaciones en el calentamiento y enfriamiento de la tierra y del agua desarrollen los vientos de manera diferente en la costa y mar adentro. Se pueden hacer las siguientes conclusiones con base a un examen de los datos del viento, las corrientes y las olas:
  - Los vientos mar adentro según lo proyectado por Wave Watch III y Oceanweather (Sandwell 2009b) casi siempre están alineados con la dirección de las olas, y son considerados como la fuerza motriz de la generación de estas olas de largo período. Por lo tanto, para el modelamiento de las olas, se deben utilizar los vientos mar adentro para la generación de las olas largas.
  - Los vientos más cercanos a la costa (según lo registrado en Caimito) afectan en diferentes grados los patrones de circulación cercanas a la costa: tienen un efecto mayor cuando las olas son más bajas (menos de 1 m) y un efecto menor cuando las olas son más altas.

Las condiciones de la ola y la corriente en el sitio del puerto fueron caracterizadas de la siguiente manera:

- La mayoría de las tormentas ocurren durante el período comprendido entre el 15 de octubre y el 15 de abril, con una duración de hasta 40 horas (Tabla 3-4). La dirección de las olas es desde el noreste más del 70% del tiempo durante estas tormentas. La combinación de las olas, y en menor grado de los vientos y las corrientes de marea, crea remolinos de circulación a gran escala en el sitio del puerto durante estos eventos de tormenta, según se ilustra en la Figura 3-27. Estos remolinos parecen concentrar los flujos de retorno en Punta Rincón, cerca del sitio del puerto.
- Las condiciones de calma son más comunes durante el período comprendido entre el 16 de abril y el 14 de octubre cuando las olas tiene una altura menor de 1 m y ocurre alrededor del 80% del tiempo. Durante los períodos de calma, las corrientes son débiles y predominantemente paralelas a la costa, aunque puede desarrollar un remolino pequeño en la bahía al oeste de Punta Rincón.
- Un modelo hidrodinámico del sitio fue calibrado a las condiciones de campo en junio del 2008 y validado con los datos de campo de enero del 2008. Los resultados de la calibración demuestran que las condiciones de la ola y nivel de agua pueden ser reproducidas con precisión por el modelo. La complejidad de la corriente en el sitio (2 capas con diferentes direcciones de flujo), limita la capacidad del modelo 2-D de reproducir con precisión la velocidad y la dirección de la corriente. Sin embargo, la proyección en general de la corriente corresponde a las condiciones superficiales observadas en el sitio.



- La evidencia morfológica indica que Punta Rincón es una ruptura del litoral, con transporte de sedimentos moviéndose desde el punto hacia el noreste y suroeste.
- El muestreo del total de sedimentos suspendidos indica que los valores STS son muy bajos cerca del puerto. Esta observación es consistente con la baja descarga de sedimentos finos por el río, y con aguas marinas tropicales generalmente claras.
- Los datos de temperatura y salinidad indican condiciones térmicas y de salinidad bien mezcladas y la ausencia de termoclina en profundidades de menos de 50 m. Esto es consistente con aguas marinas poco profundas en las regiones tropicales donde el fuerte calentamiento térmico por la mezcla de la radiación solar, las olas y las corrientes produce una ausencia general de gradientes térmicos bien desarrollados. Las temperaturas medidas en la superficie parecían ser ligeramente más altas que los valores en los documentos publicados.
- Se observó una variación máxima de temperatura de 2°C en los datos de campo entre la superficie del agua hasta el lecho marino. Esta limitada variación deberá tenerse en cuenta en el diseño de la salida y el difusor de enfriamiento de la planta de energía para cumplir con las guías regulatorias sobre variación de temperatura.
- Se observó poca variación en las concentraciones de metales totales entre las dos rondas de muestreo. El ambiente marino está caracterizado por concentraciones muy bajas de STS, y los valores más altos están relacionados a eventos de caudal elevado procedentes de los estuarios. Existen concentraciones naturales elevadas de metales totales en el agua marina, sobre todo de aluminio y cobre. Es probable que esto sea un reflejo del aluminio y cobre del STS procedentes de la erosión de las áreas mineralizadas aguas arriba que luego drenan hacia el Mar Caribe.
- La calidad del agua del estuario es variable, y depende fundamentalmente de las lluvias aguas arriba y el caudal de los ríos. El caudal de los ríos afecta directamente las concentraciones de STS. El STS en el estuario aumenta durante el período de caudales altos, midiéndose las concentraciones más altas de STS en 89 mg/L. Se determinó que el total de metales en las aguas de los estuarios son similares a las muestras marinas. Las concentraciones de aluminio total más altas se asociaron a las altas concentraciones de STS en el río. Los niveles naturalmente elevados de metales totales probablemente se deben a la mineralogía de las cuencas que drenan el área alta del terreno.
- Los datos de la calidad de sedimentos en los sitios marinos y de los estuarios indican que el puerto estará localizado en un área donde los parámetros de calidad de sedimentos se encuentran en rangos típicos para ambientes marinos tropicales. Los niveles elevados de aluminio, hierro y manganeso se encuentran en altas concentraciones en suelos lateríticos, saprolíticos o bauxita comunes en el área del Proyecto y en las regiones tropicales (Garner 1974). La presencia de concentraciones naturales típicamente elevadas en cercanías de las fuentes terrestres de sedimentos sugiere que estas concentraciones altas son resultado del depósito de material parental local erosionado a lo largo de la costa, en el lecho marino o transportado por los ríos desde las cuencas hidrográficas. Los datos para sedimentos marinos locales para las muestras de Punta Rincón indican altas



concentraciones de aluminio, hierro, magnesio, manganeso y calcio, aunque las concentraciones son comparables a las de los datos de calidad de sedimentos del estuario.

- Tal como sucede comúnmente en ríos costeros y estuarios alrededor del mundo, se observó una cuña de sal en los estuarios de los ríos cercanos al sitio del puerto. La magnitud de la intrusión de agua salina depende del caudal de los ríos, a medida que el agua salada entra en el río desde el mar durante el mayor caudal de los ríos y mareas altas. Sin embargo, las mareas son muy débiles en este sitio, así que el mecanismo principal para la intrusión de agua salina será el caudal del río. Probablemente la intrusión de la cuña de sal en la parte inferior del Río Caimito sea limitada por unos rápidos o “riffle” localizada unos 6.2 km aguas arriba de la desembocadura del río.

## 5 BIBLIOGRAFÍA

Anteproyecto de Ley. 2006 *Por el cual se dicta la Norma Primaria de Calidad Ambiental de las Aguas Marinas y Costeras* July 2006.

Anteproyecto de Ley. Draft. *Por la cual se dicta las Normas de Calidad Ambiental para Aguas Naturales* Estandares de Calidad de Agua.

CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). 2006. Guidelines for the Protection of Marine Aquatic Life.

D'Croz, L. and D.R. Robertson. 1997. Coastal Oceanographic Conditions Affecting Coral Reefs on Both Sides of the Isthmus of Panamá. Proc. 8<sup>th</sup> International Coral Reef Symposium 8: 2053-2058.

Fernandez, A., A. Singh and R. Jaffe. 2007. A Literature Review on Trace Metals and Organic Compounds of Anthropogenic Origin in the Wider Caribbean Region. *Marine Pollution Bulletin*, 54: 1681-1691.

Fratantoni, D.M. 2001 North Atlantic Surface Circulation during the 1990's Observed with Satellite-tracked Drifters. *Journal of Geophysical Research*, 106: 22067-22093.

Garner, H.L. 1974. *The Origin of Landscapes*. Oxford University Press, London. 734 pp.

Golder (Golder Associates Ltd.). 2008. *Bathymetric and Sidescan Surveys, Petaquilla Project, Caimito, Panamá*.

Guzman, H. and E.M. Garcia. 2002. Mercury Levels in Coral Reefs along the Caribbean Coast of Central America (Costa Rica and Panamá). *Marine Pollution Bulletin*, 44: 1415-1420.

Guzman, H. and C.E. Jimenez. 1992. Contamination of Coral Reefs by Heavy Metals Along the Caribbean Coast of Central America (Costa Rica and Panamá). *Marine Pollution Bulletin*, 24: 554-561.

Gyory, J., J.M. Arthur and H. Edward. 2008. *Ryan: The Caribbean Current, Cooperative Institute for Marine and Atmospheric Studies (CIMAS), University of Miami*.

- Kinder, T.H. 1983. Shallow Currents in the Caribbean Sea and Gulf of Mexico as Observed with Satellite-tracked Drifters. *Bulletin of Marine Science*. 33: 239-246.
- Molinari, R.L., M. Spillane, I. Brooks, D. Atwood and C. Duckett. 1981. Surface Current in the Caribbean Sea as Deduced from Lagrangian Observations. *Journal of Geophysical Research*, 86: 6537-6542.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 2008a. *National Geophysical Data Centre*. Available at: <http://www.ngdc.noaa.gov>. Accessed March 2008.
- NOAA. 2008b. *Tide and Current*. Available at: <http://tidesandcurrents.noaa.gov>. Accessed January 2008.
- National Weather Service NOAA Wavewatch III. 2008. *National Weather Service Environmental Modelling Centre*. Found on <http://polar.ncep.noaa.gov/waves/index2.shtml>. Accessed March 2008.
- Panamá Canal Authority. 2008. [www.pancanal.com/eng/eie/rader/tide2.html](http://www.pancanal.com/eng/eie/rader/tide2.html). Accessed January 2008.
- Rescan (Rescan Environmental Services Ltd.). 1995. Bathymetry Survey of Punta Rincón, Mosquito Coast, Drawing 498-C-0731-02-0, Panamá. Prepared for Teck Corporation.
- Sandwell (Sandwell International Inc.). 2009a. Petaquilla Copper Project, Analysis of ADCP Measurements at Punta Rincón, Panamá. Minera Panamá. March 2009.
- Sandwell. 2009b. *Petaquilla Project Feed Program, Wave Climate and Berth Downtime Study*. Minera Petaquilla SA, Panamá. April 2009.
- Sheng, J. and L. Tang. 2003. A Numerical Study of Circulation in the Western Caribbean Sea. *Journal of Physical Oceanography*, 33: 2049-2069.
- Wust, G. 1964. *Stratification and Circulation in the Attillean-Caribbean Basins*. Columbia University Press, Palisades, NY, 201 pp.

**ANEXO VII**  
**APÉNDICE A**  
**INFORME DEL MODELO HIDRODINÁMICO**

## 1 INTRODUCCIÓN

Se llevó a cabo un modelo hidrodinámico como parte del estudio de la Línea Base físico marino para lograr la simulación de las olas y las corrientes durante períodos diferentes a los observados durante los programas de campo. Los datos de campo recolectados fueron utilizados para calibrar y validar el modelo hidrodinámico. El modelo hidrodinámico fue conducido con el modelo MIKE 21, desarrollado por el Instituto Hidráulico Danés. El modelo hidrodinámico MIKE 21 es un simulador numérico internacionalmente reconocido, que simula las condiciones oceanográficas en dos dimensiones. Cuenta con una amplia aceptación entre las autoridades regulatorias de numerosos países.

Se utilizaron dos módulos del MIKE 21: el módulo hidrodinámico (HD), y el módulo espectral de olas (SW). El módulo HD simula en dos dimensiones los niveles y flujos de agua inestables en las áreas de inundación, en lagos, estuarios, bahías y áreas costeras como respuesta a una variedad de funciones forzadoras. Los datos de entrada principales del modelo son la batimetría, los coeficientes de resistencia al lecho, los vientos de campo, y el nivel del agua y/o condiciones del flujo limítrofes. Las principales características del módulo HD son las siguientes:

- El módulo HD resuelve las ecuaciones Navier-Stokes prorratedas Reynolds de la incompresible profundidad integrada para la conservación de la continuidad, cantidad de movimiento, temperatura, las ecuaciones de salinidad y densidad sobre rejillas rectangulares, flexibles o curvilíneas.
- El efecto de las olas en las corrientes puede ser incluido en varias formas, por ejemplo, especificando los esfuerzos por radiación de las olas o importando directamente de los módulos de las olas. Los efectos de las fuentes y los sumideros, como la precipitación y la evaporación, la descarga del río, tomas y salidas de las centrales de energía, son incluidos en las ecuaciones hidrodinámicas.
- El impacto de las estructuras hidráulicas, tales como los pilares o pilotes de puentes y vertederos, sobre las condiciones de flujo también pueden ser incluidas. Una herramienta muy valiosa del MIKE 21 es su capacidad para calcular el flujo en áreas que se secan y las inundaciones, por ejemplo planicies de mareas y zonas de inundación

El modelo SW es un modelo de olas-viento espectral de tercera generación que simula el crecimiento, decaimiento y transformación de las olas y el oleaje generados por viento mar dentro y en la costa. Las principales características de este módulo son:

- La capacidad para resolver la ecuación balance acción de la ola espectral formulada en coordenadas cartesianas o esféricas. En cada elemento, el campo de la ola está representado por un espectro densidad acción de las ola de dos dimensiones



discretas. El módulo incluye el fenómeno físico del crecimiento de la ola por la acción del viento, interacción no lineal de la ola -ola, disipación por copo-blanco o "*white-capping*", rompimiento de las olas y debido a la fricción de fondo, la refracción debido a la variación de la profundidad e interacción de corriente-ola.

- La inclusión de dos formulaciones diferentes de una formulación espectral completa y una formulación para-métrica disociada. Este modelo es útil para la evaluación de climas de olas mar adentro y áreas de la costa – en el modo de proyección y del cálculo para condición pasada. Un área de mayor aplicación es en el diseño de estructuras marítimas, costeras y portuarias para los cuales una evaluación precisa de las cargas de las olas es de suma importancia para el diseño seguro y económico de estas estructuras. En particular, este modelo es aplicable para la proyección y análisis de las olas simultáneas en la escala mar adentro y cerca de la costa. La resolución temporal y espacial ordinaria se utiliza en la parte mar adentro de la red y una alta resolución y una red profundidad-adaptante describe el ambiente del agua poco profunda en la costa.
- El modelo SW también se utiliza para calcular el transporte de sedimentos, lo que, en gran medida, está determinada por las condiciones de las olas y las corrientes asociadas por las olas inducidas. La corriente ola -inducida es generada por los gradientes en los esfuerzos por radiación que ocurren en la zona de rompimiento de las olas. MIKE 21 SW puede ser utilizado para calcular la condición de las olas y los esfuerzos de radiación asociados. Las corrientes de la costa y el transporte de sedimentos son calculados utilizando los modelos de transporte de sedimentos y flujo disponible en el paquete de MIKE 21.

Los módulos HD y SW son los componentes básicos de cómputo del Modelo FM Acoplado MIKE 21. Éste es un sistema de modelamiento dinámico desarrollado para aplicaciones dentro de un ambiente de río, de estuarios y costeros. Las principales características del Modelo FM Acoplado MIKE 21 son las siguientes:

- acoplamiento dinámico de las olas y corrientes; y
- grado óptimo de flexibilidad en la descripción de la batimetría, el flujo ambiental y condiciones de las olas utilizando los límites de la red no estructurada ajustada y de profundidad-adaptante.

El Modelo FM Acoplado MIKE 21 y los módulos SW y HD se utilizaron para proyectar las condiciones de las corrientes y los climas de las olas en el sitio propuesto para el puerto con base en los cálculos de condición pasada de las olas/corrientes en aguas profundas en el Mar Caribe. El módulo SW simula la propagación de las olas cerca de la costa y el módulo HD simula los efectos combinados de las mareas, vientos y las olas mediante la imposición del resultado del módulo SW de los esfuerzos de radiación de las olas.

## 2 CONFIGURACIÓN DEL MODELO

La configuración del modelo MIKE 21 requiere la siguiente información:

- batimetría;
- condiciones iniciales; y
- condiciones de los linderos.

Estos se explican en las siguientes secciones.

### 2.1 BATIMETRÍA Y SISTEMAS DE REDES

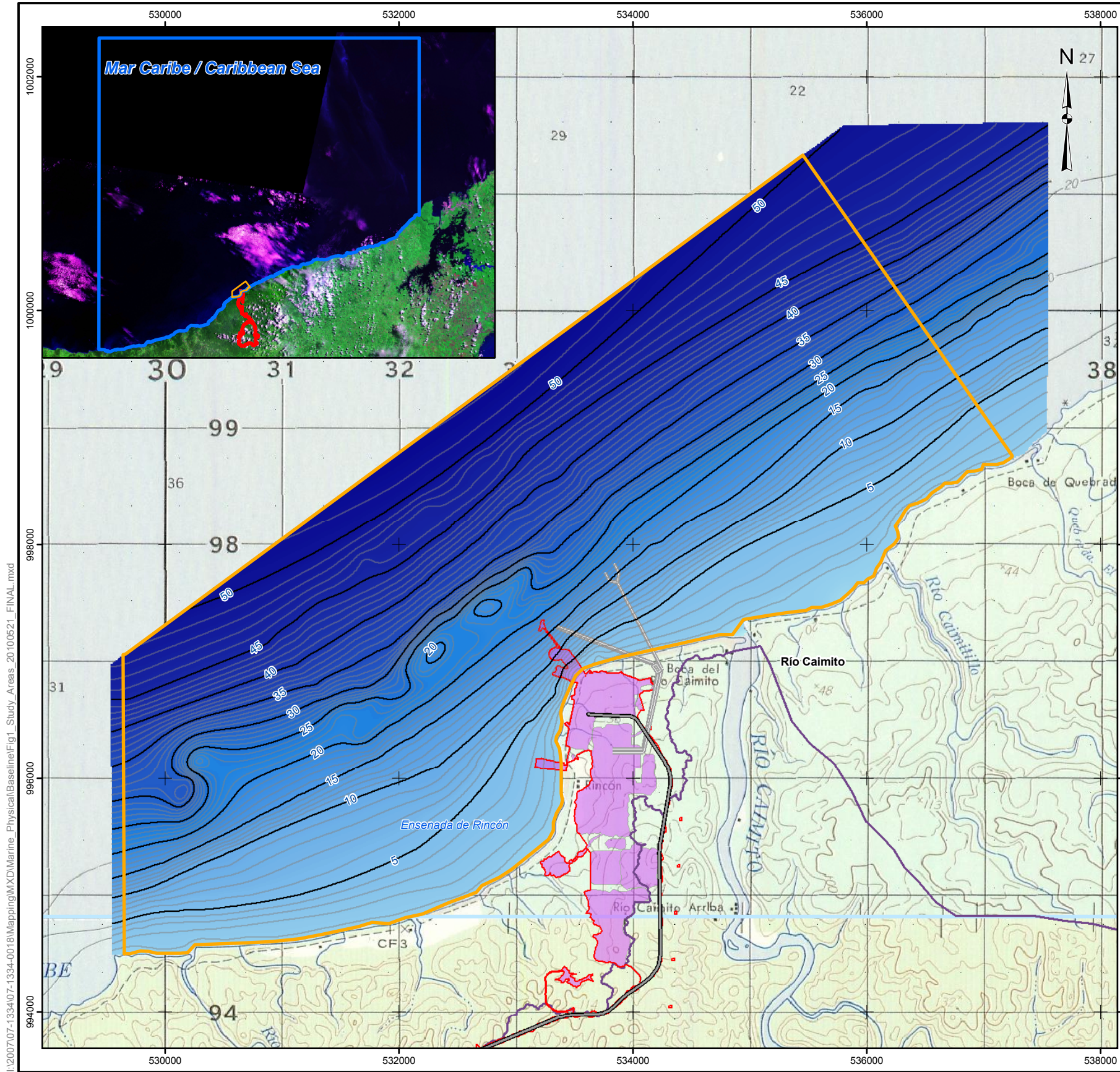
Desarrollar una red modelo adecuada y la batimetría del modelo dentro de MIKE 21 es esencial para obtener resultados confiables, especialmente en aguas de poca profundidad en el área de estudio cercana a la costa. La configuración de la red modelo incluye la selección adecuada del área a modelar y la resolución de los campos de batimetría, olas, viento y flujo bajo estudio.

Se crean los parámetros de los módulos HD y SW utilizando el método de volúmenes finitos por celdas en la discretización especial de las ecuaciones que gobiernan y las redes no estructuradas en el plano horizontal. Una red no estructurada ofrece un grado óptimo de flexibilidad para la representación de geometrías complejas (como por ejemplo la batimetría del lecho marino y de la costa) y permite fijar límites sin problema. Típicamente se utilizan elementos pequeños en el área cercana a la costa y en áreas donde se requiere mayor detalle, mientras que los elementos más grandes son utilizados mar adentro. La red se optimiza en función del nivel de detalle que se requiere y la cantidad de tiempo de cálculo necesaria para ejecutar el modelo.

Las redes del modelo fueron basadas en dos juegos de batimetrías: la batimetría mar adentro, y la batimetría cerca de la costa. Las áreas de las batimetrías cerca y lejos de la costa se muestran en la Figura 1 del cuerpo principal del Anexo VII.

El desarrollo de la red se basa típicamente en una serie de triángulos. La red es optimizada para establecer límites y capacidades de alta resolución en las áreas de interés. La resolución de la red, combinada con las profundidades del agua y el paso-tiempo seleccionado rigen el número Courant ( $Cn = c_g \cdot \Delta t / \Delta x$ ) en la configuración del modelo. El número Courant afecta la estabilidad numérica del modelo. La resolución del modelo en el espacio geográfico y a través del tiempo debe ser seleccionado teniendo en cuenta la estabilidad numérica.





LEYENDA / LEGEND

- CURVA DE NIVEL (INTERVALO 1 m) / CONTOUR (1 m INTERVAL)
- CURVA DE NIVEL (INTERVALO 5 m) / CONTOUR (5 m INTERVAL)
- CARRETERA A LA COSTA PROPUESTA / PROPOSED COAST ROAD
- LÍNEA DE TRANSMISIÓN / TRANSMISSION LINE
- TUBO DE ENTRADA/SALIDA / WATER INTAKE/OUTFALL
- ÁREA DE ESTUDIO DE OCEANOGRAFÍA CERCA DE LA COSTA / NEARSHORE STUDY AREA OF THE PHYSICAL OCEANOGRAPHY STUDY
- CUENCA / WATERSHED
- ÁREA DE ESTUDIO DE OCEANOGRAFÍA MAR AFUERA / OFFSHORE STUDY AREA OF THE PHYSICAL OCEANOGRAPHY STUDY
- HUELLA DEL PROYECTO / PROJECT FOOTPRINT
- LOCALIZACIÓN DEL PUERTO / PORT SITE\*

\*El símbolo aparece transparente en el mapa / Symbol appears transparent on map



REFERENCIA / REFERENCE

Los mapas topográficos preparados por el Instituto Geográfico Nacional, empleados bajo autorización. Proyección: UTM Zona 17 Sistema de Coordenadas: NAD 27  
Dato vertical: Las curvas de nivel son profundidades por debajo del nivel medio del mar (MSL). El nivel medio del mar se define como 10.84 metros debajo de la altura elipsoidal de la referencia.  
Topographic maps prepared by Instituto Geografico Nacional, used under license.  
Projection: UTM Zone 17 Datum: NAD 27  
Vertical Datum: Contours shown are depths below Mean Sea Level (MSL). MSL is defined as 10.84 metres below the reference ellipsoidal height.

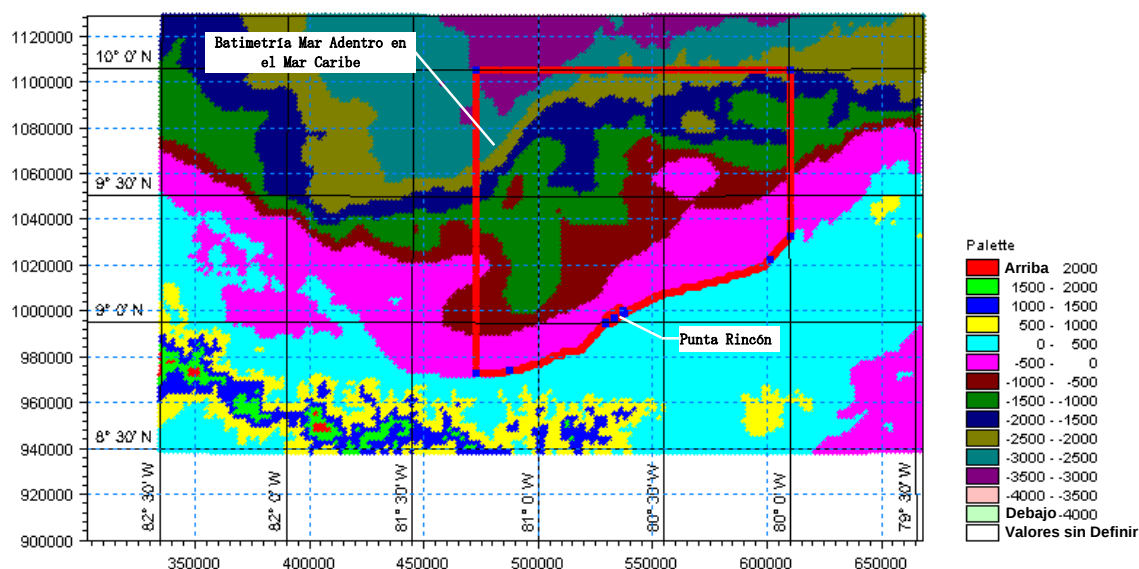
|                     |                                        |    |                                                                         |                       |
|---------------------|----------------------------------------|----|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| PROYECTO<br>PROJECT | Minera Panamá                          |    | PROYECTO MINA DE COBRE PANAMÁ /<br>PROJECT MINA DE COBRE PANAMÁ         |                       |
|                     | TÍTULO<br>TITLE                        |    | ÁREAS DE ESTUDIO DE OCEANOGRAFÍA /<br>PHYSICAL OCEANOGRAPHY STUDY AREAS |                       |
|                     | N° PROYECTO / PROJECT NO. 07-1334-0018 |    | ESCALA SEGÚN MUESTRA /<br>SCALE AS SHOWN                                | REV. 0                |
|                     | DISEÑO / DESIGN                        | SL | 02 Mar./Mar. 2010                                                       | FIGURA /<br>FIGURE: 1 |
|                     | SIG / GIS                              | TL | 11 May./May 2010                                                        |                       |
|                     | VERIFICACIÓN / CHECK                   | BD | 20 May./May 2010                                                        |                       |
|                     | REVISIÓN / REVIEW                      | MR | 20 May./May 2010                                                        |                       |



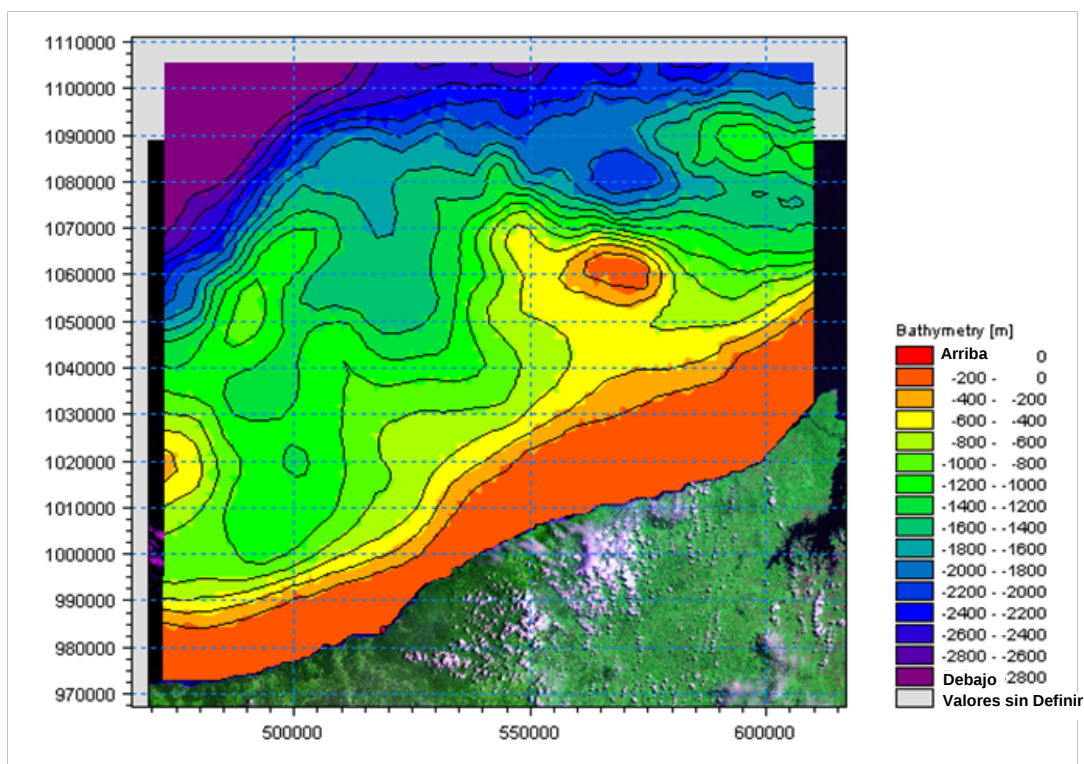
Las redes de batimetría fueron creadas utilizando una combinación de los conjuntos de datos de batimetría disponibles. Los datos disponibles de batimetría mar adentro son presentados en la Figura 2. El límite mar adentro fue seleccionado para que coincidiera con la ubicación de los datos disponibles de condiciones pasadas de viento-ola desde el punto en la cuadrícula 609,602 E/1,105,509 N (NOAA Wavewatch III, 2008 del Servicio Nacional de Meteorología). La red modelo fue creada sobre el área de 472,506 E/ 972,689 N y 500,000 E/1,105,343 N (una área de aproximadamente 110 × 137 kilómetros (km)). Las curvas a nivel en la cuadrícula se muestran en la Figura 3. El sistema de red presentado en la Figura 4 contiene 5,883 nodos y 10,778 elementos triangulares. Los límites del modelo fueron establecidos con base a lo siguiente:

- **Límite Mar Adentro:** paralelo con Latitud 10°N y cruzando el Punto de Cuadrícula 609,602 E/1,105,509 N donde se dispone de datos de NOAA Wavewatch III para cálculos de condiciones pasadas de la ola y el viento.
- **Límite Sur:** definido por la costa.
- **Límite Oeste:** perpendicular a la costa y a lo largo de 472,506 E.
- **Límite Este:** perpendicular a la costa y a lo largo de 500,000 E.

**Figura 2 Batimetría Disponible Mar Adentro**



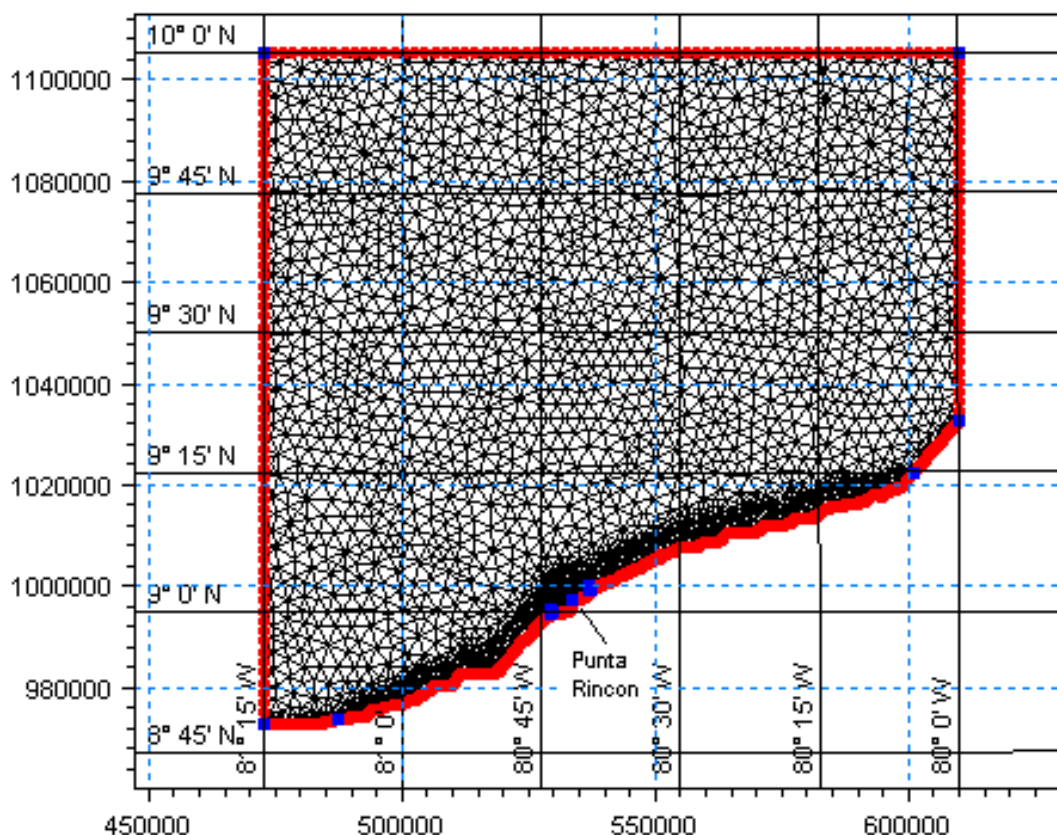
**Figura 3 Batimetría y Curvas de Nivel Generadas Mar Adentro**



Nota: m = metro.



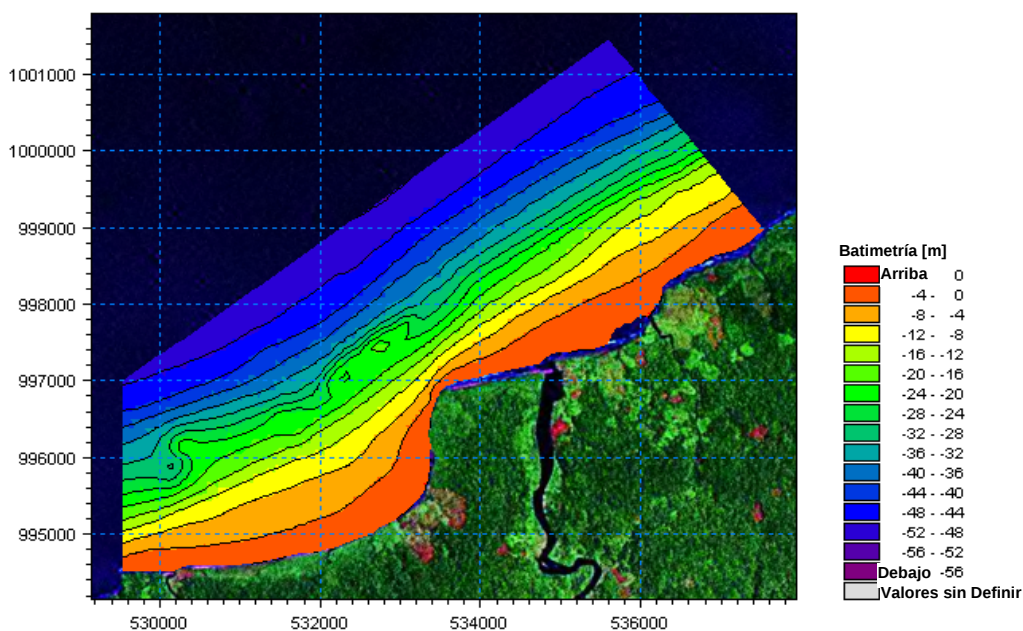
**Figura 4 Sistema de Red Generada Mar Adentro**



Se creó una batimetría de mayor resolución cerca de la costa, anidada dentro de la batimetría mar adentro, con base a los datos recolectados disponibles. El sistema de red para el modelo cercano a la costa fue creado a través de un área aproximada 3 km y 8 km, según se indica en la Figura 5 para las curvas de nivel de batimetría generada, y en la Figura 6 para el sistema de red compuesto de 4,373 nodos y 8,254 elementos. Los límites de la batimetría cercana a la costa fueron establecidos como sigue:

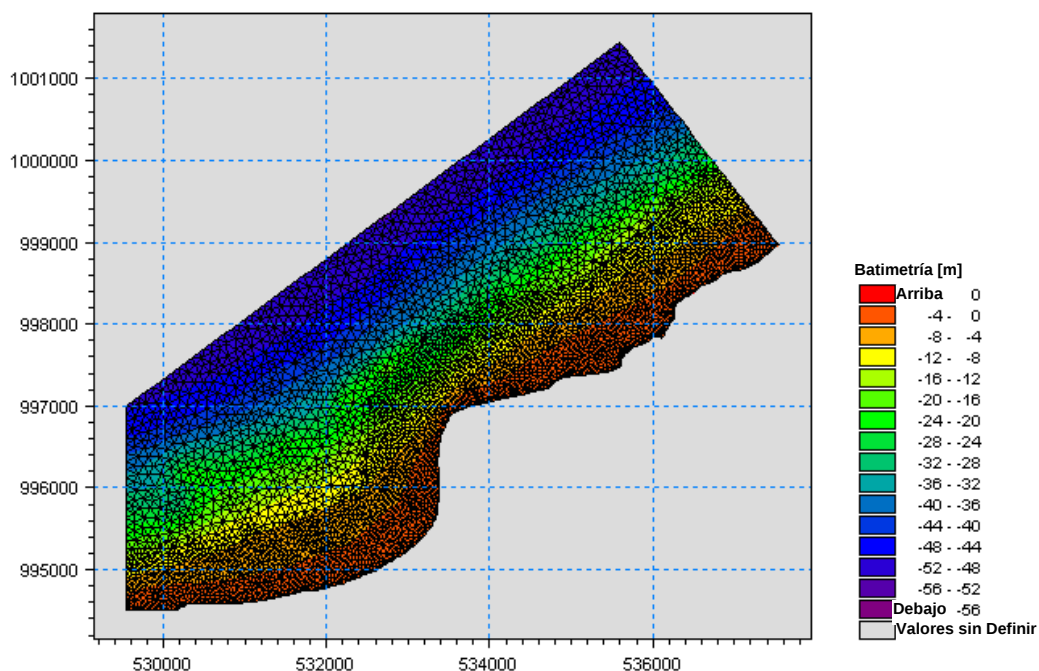
- **Límite Mar Adentro:** alineado aproximadamente paralelo a la costa y a una distancia aproximada de 3 km desde la misma.
- **Límite en Tierra:** definido por la línea de la costa.
- **Límite Oeste:** aproximadamente 4 km al oeste del sitio del puerto propuesto y perpendicular a la costa.
- **Límite Este:** aproximadamente 4 km a noreste del sitio del puerto propuesto y perpendicular a la costa.

**Figura 5 Batimetría y Curvas de Nivel Generadas Cerca de la Costa**



Nota: m = metro.

**Figura 6 Sistema de Red Generado Cerca de la Costa para Modelación Numérica**



Nota: m = metro.

## 2.2 DATOS DISPONIBLES PARA MODELACIÓN

Los datos sobre las olas, niveles de agua y las mareas, las corrientes y los vientos son necesarios para los límites y las condiciones iniciales de modelamiento hidrodinámico. Como se describe en el Apéndice IX, Golder Associates Ltd. (Golder) llevó a cabo dos estudios del sitio en Enero y Junio del 2008 respectivamente, y propuso alguna información fundamental sobre las olas de corta duración y las corrientes en el sitio del Proyecto. Sandwell (2007) también recolectó datos adicionales del sitio de Proyecto sobre las olas, los niveles de agua, y las corrientes. La Tabla 1 resume los datos de los conjuntos disponibles medidos por Golder y Sandwell y recolectados de NOAA Wavewatch III. Estos conjuntos de datos fueron incluidos en el modelamiento de la siguiente manera:

- El cálculo de condiciones pasadas de la ola/vientos de la NOAA Wavewatch III fue utilizada para las condiciones de los límites mar adentro, para simular el crecimiento viento- ola en el área de estudio que queda mar adentro, y la propagación de las olas desde el Mar Caribe hacia el sitio del Proyecto propuesto en Petaquilla,
- Las olas, las corrientes y los vientos en Junio del 2008 cerca del sitio del Proyecto propuesto fueron utilizados para calibrar el modelo MIKE 21.
- Las olas, los niveles de agua, las corrientes y los vientos medidos en Enero del 2008 cerca del sitio del Proyecto propuesto fueron utilizados para validar el modelo MIKE 21.

**Tabla 1 Conjuntos de Datos Disponibles para Modelamiento MIKE 21**

| Períodos de Tiempo | Datos Recolectados Por                                            | Ola                                                                                                     | Nivel Marea/ Agua                                                                                       | Corriente                                                                                                                                                                                                                                                                     | Viento                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Enero 2008         | Golder                                                            | -                                                                                                       | -                                                                                                       | mediciones con PACD montada en bote, en cortes transversales los días 11 y 16 Enero DEL 2008, implementación del drogue los días 13 y 16 Enero del 2008                                                                                                                       | medido en Estación Meteorológica Caimito en UTM N997004.92, E535204.11 (NAD 27) con elevación de 26.185 m por encima del nivel medio del mar; datos disponibles del 01 Diciembre 2007 al 21 Junio del 2008 |
| Enero 2008         | Sandwell                                                          | una medición de PACD montada en la parte inferior del bote                                              | una medición con PACD montada en la parte inferior del bote                                             | una medición con PACD montada en la parte inferior del bote                                                                                                                                                                                                                   | datos disponibles del 01 Diciembre 2007 al 21 Junio del 2008                                                                                                                                               |
| Junio 2008         | Golder                                                            | tres mediciones de PACD montada en la parte inferior del bote recolectadas entre 17 y 21 Junio del 2008 | tres mediciones de PACD montada en la parte inferior del bote recolectadas entre 17 y 21 Junio del 2008 | tres mediciones de PACD montada en la parte inferior del bote recolectadas entre 17 y 21 Junio del 2008; una medición con PACD montada en la parte inferior del bote en cortes transversales el 19 Junio del 2008 y implementación del drogue los días 18 y 19 Junio del 2009 |                                                                                                                                                                                                            |
| Enero y Junio 2008 | NOAA Wavewatch III en Punto de Cuadrícula 500,000 E / 1,105,343 N | datos suministrados por NOAA sobre cálculos de condiciones pasadas viento/ ola                          | proyecciones de mareas con base en Modelo Global de Mareas                                              | n/a                                                                                                                                                                                                                                                                           | datos suministrados por NOAA sobre cálculo de condiciones pasadas viento/ola                                                                                                                               |

Notas: - =no disponibles; n/a = no aplicable; N = norte; W = oeste; ° = grado; PACD = perfilador acústico de corrientes Doppler; MUT = Mercator universal transversal; NAD = dato norteamericano; m = metro; NOAA = Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, Departamento de Comercio de los Estados Unidos.

## 3 CALIBRACIÓN DEL MODELO

### 3.1 ENFOQUE

El módulo hidrodinámico (HD) MIKE 21 y el módulo de ola espectral (SW) fueron calibrados utilizando las olas, las mareas y las corrientes medidas cerca del sitio del Proyecto propuesto. Las olas, los niveles de agua y las corrientes son los fenómenos hidrodinámicos claves que requieren ser calibrados. La fuente más confiable de información sobre las olas mar adentro en el Mar Caribe es la NOAA Wavewatch III, que calcula condiciones pasadas (1 hora de duración) de viento/ ola, con emisiones cada 3 horas. El punto más cercano al sitio del Proyecto propuesto en la cuadrícula en la base de datos de NOAA Wavewatch III está localizado en  $180^{\circ}\text{W}$  (mercator transversal universal [MTU] 609,602 E, 1,105,059 N), (NAD 27) a una distancia de aproximada de 130 Km del sitio.

Datos del WAVEWATCH III pueden servir como condiciones limítrofes de las olas y los vientos; sin embargo, no se dispone de datos sobre las corrientes marinas para configurar los límites del modelo numérico. La información disponible sobre la contracorriente caribeña demuestra que es variable y que puede ser influenciada por los patrones de circulación a gran escala en el Mar Caribe (Gyory, et al. 2008). Por lo tanto, se hizo la calibración del modelo de la siguiente manera:

- **Modelo de Ola Espectral Mar Adentro (SW Mar Adentro):** El modelo MIKE 21 SW fue implementado utilizando la batimetría mar adentro para simular el crecimiento y la propagación de las olas del viento a través del área definida del modelo mar adentro. Los límites de la configuración fueron los siguientes:
  - los parámetros de las olas, de los datos para el cálculo de condiciones pasadas de NOAA Wavewatch III presentados en la Figura 7, fueron suministrados como las condiciones de configuración del límite este; y
  - los parámetros del viento, obtenidos de los datos para el cálculo de condiciones pasadas de NOAA Wavewatch III presentados en la Figura 8, suministraron la fuerza de los vientos sobre el modelo mar adentro.
- **Modelo Hidrodinámico Acoplado HD y SW Cercano a la Costa:** Se utilizaron las HD y SW MIKE 21, y la batimetría cercana a la costa para simular las olas, los flujos de corriente, los cambios en el nivel de agua, y las interacciones ola-corriente. Los límites de la configuración fueron como sigue:
  - los parámetros de las olas, extraídos de los resultados del Modelo SW, fueron dados como las condiciones de configuración en los límites este, oeste y mar adentro;
  - los niveles de agua, medidos por perfiladores acústicos de corrientes Doppler (PACDs) (presentados en la Sección 3.2) montados en la parte inferior de un



bote, fueron aplicados como condiciones de configuración de flujo en las áreas este y oeste; y

- los vientos, medidos en la estación meteorológica Caimito según lo indicado en la Figura 9, suministraron la fuerza de viento sobre el área de dominio cercana a la costa.

Para calibrar el modelo, se requieren de mediciones dentro del dominio del mismo. Las mediciones de las olas y la corriente recolectadas en Junio del 2008 están disponibles según las presenta la Tabla 2.

**Tabla 2 Mediciones del Perfilador Acústico de Corrientes Doppler Montado en la parte Inferior del Bote, de Junio 2008**

| Estación          | Posición <sup>(a)</sup> |           | Período                               | Datos Disponibles                                                                                                                               |
|-------------------|-------------------------|-----------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   | Este (m)                | Norte (m) |                                       |                                                                                                                                                 |
| PACD este         | 536732.12               | 999409.58 | Junio 17 12:00 PM a Junio 20 08:00 AM | altura significativa de la ola<br>período máximo de las olas<br>dirección de las olas<br>velocidad de la corriente<br>dirección de la corriente |
| PACD Punta Rincón | 533406.35               | 997143.42 | Junio 17 10:00 AM a Junio 21 02:00 AM |                                                                                                                                                 |
| PACD oeste        | 529661.81               | 995006.22 | Junio 17 02:00 PM a Junio 21 03:00 AM |                                                                                                                                                 |

<sup>(a)</sup> NAD 27.

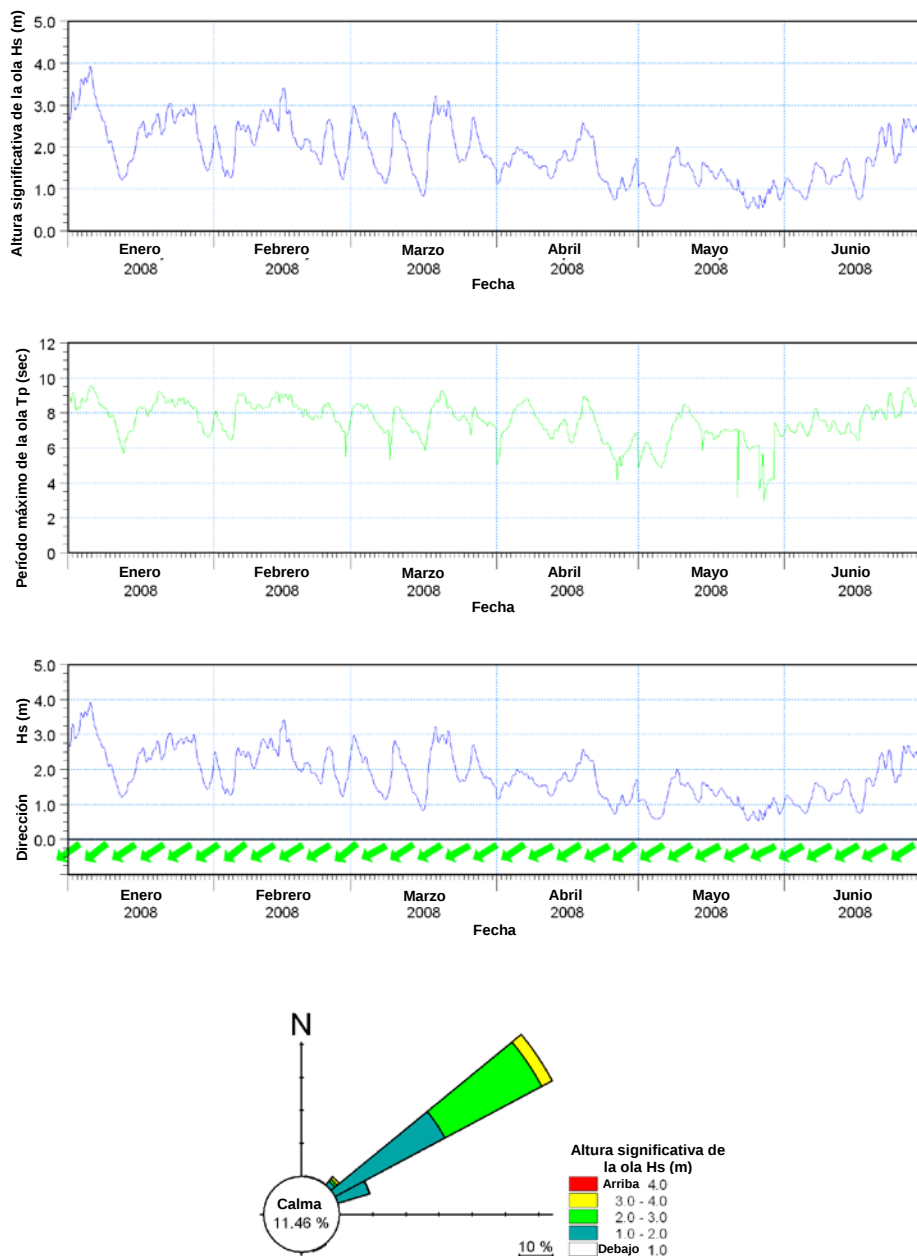
Notas: PACD = perfilador acústico de corrientes Doppler; m = metro.

## 3.2 CALIBRACIÓN DEL MÓDULO HIDRODINÁMICO

Inicialmente, se configuró el HD utilizando los parámetros predeterminados del modelo. De los valores iniciales, se calibraron los siguientes parámetros:

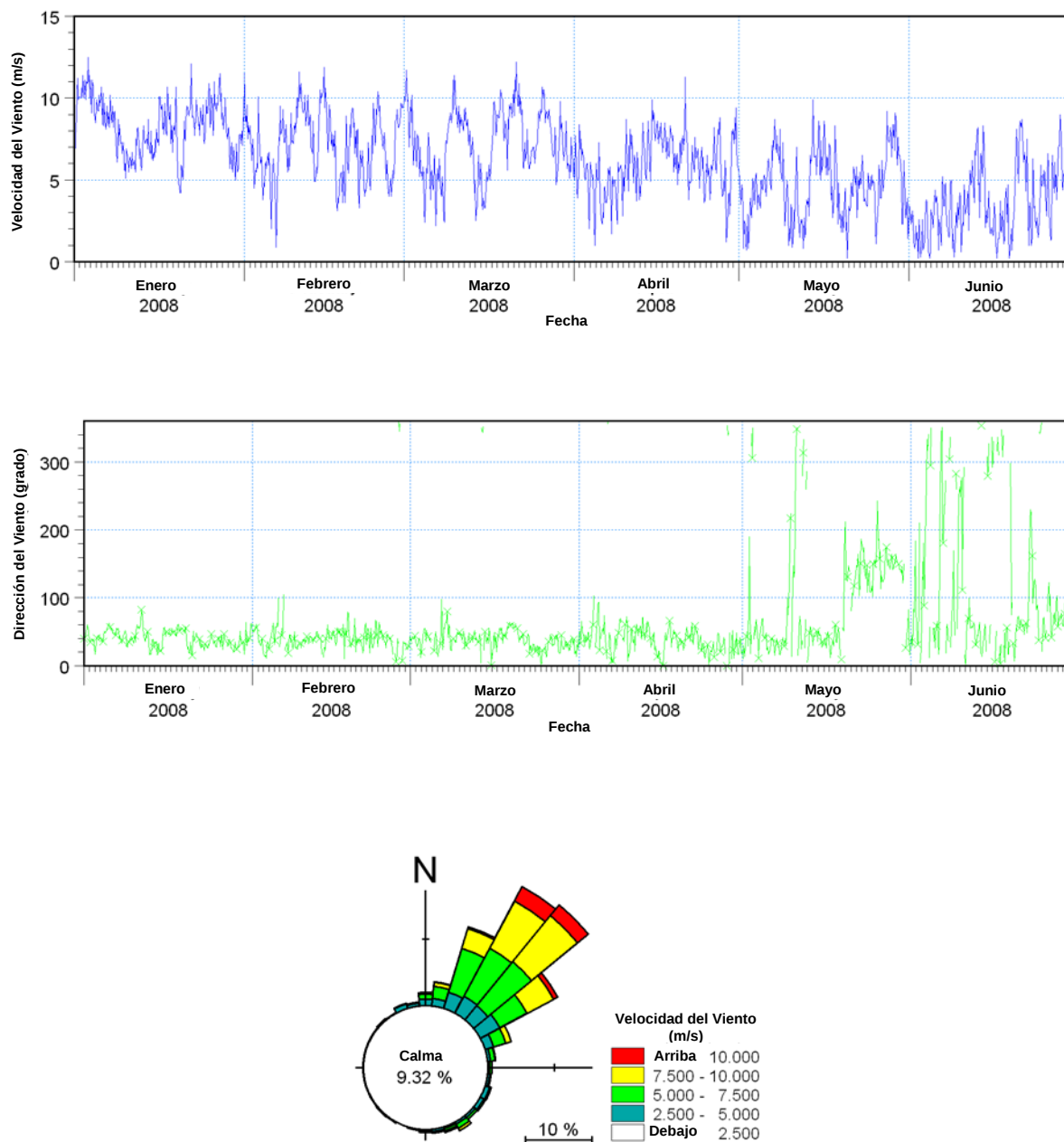
- **Paso de Tiempo/Temporal:** El tiempo de paso/temporal de la simulación típicamente debe ser seleccionado para dar la resolución de la variación de tiempo del campo de la ola y el viento, y para cumplir los criterios del esquema numérico (número Courant [Cn] menor que 1). El tiempo de la simulación no sólo depende del número de nodos en la malla, sino también en los números Courant resultantes. El paso de tiempo/temporal es un factor combinado de estabilidad numérica, precisión de la solución y el consumo de tiempo de la unidad central de procesamiento (UCP).
- **Resistencia de Lecho:** La Resistencia inicial del lecho se presenta como el número Manning con un valor de  $32 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  (  $\frac{1}{\text{s}}$  por segundo). Este valor se cambia mediante simulaciones de calibración y las comparaciones con los datos medidos.

**Figura 7 Datos de la Ola para Cálculo de Condiciones Pasadas, Recolectados de LA ANOA Wavewatch III en 10°N, 80°W**



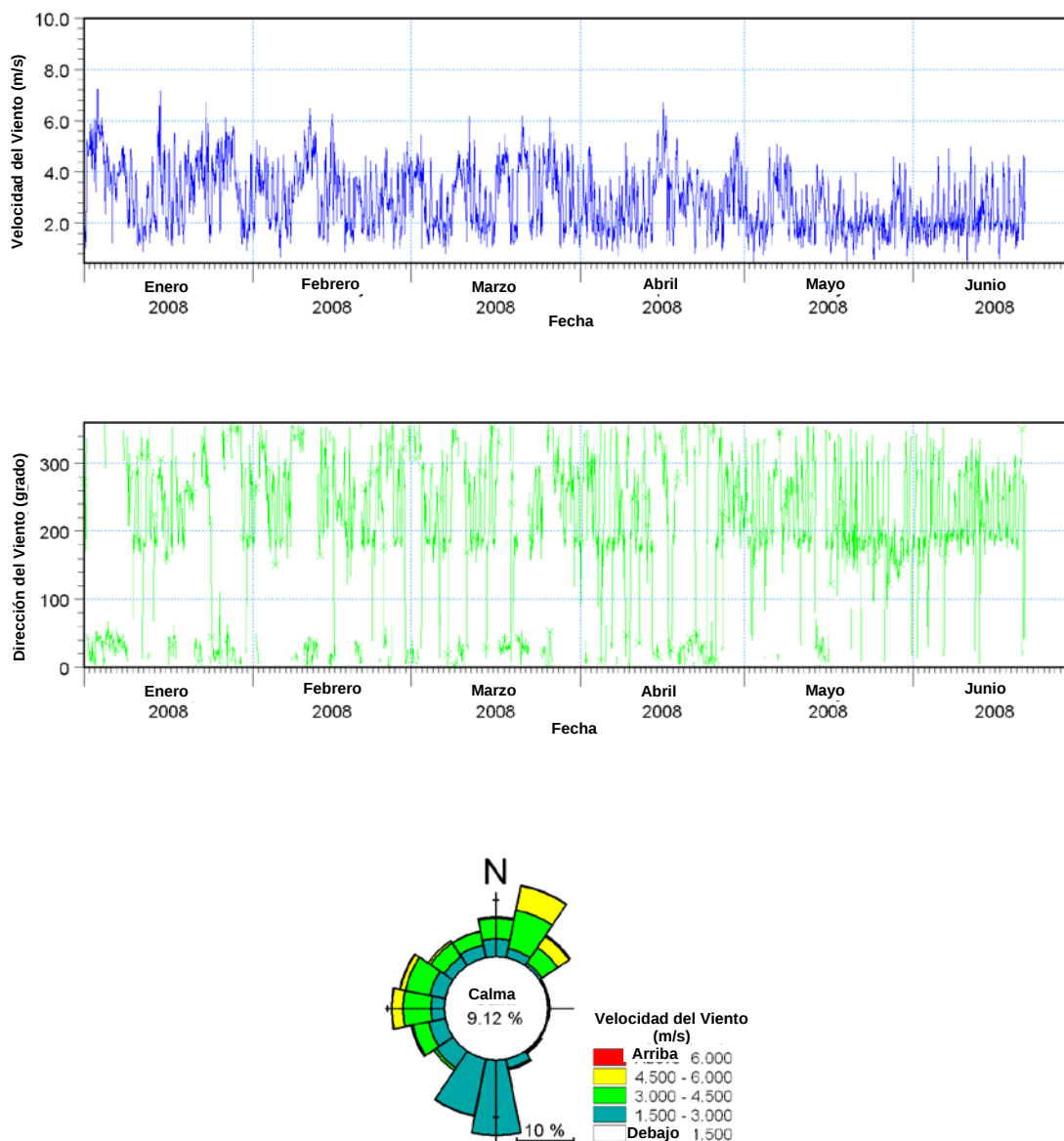
Notas: % = por ciento; ° = grado; Hs = altura significativa de la ola; Tp = período máximo de la ola; m = metros; ANOA = Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, Departamento de Comercio de los Estados Unidos; N = norte; W = oeste.

**Figura 8 Datos del Viento para Cálculo de Condiciones Pasadas, Recolectados de ANOA Wavewatch III en 10°N, 80°W**



Notas: % = por ciento; ° = grado; m/s = metros por segundo; ANOA = Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, Departamento de Comercio de los Estados Unidos; N = norte; W = oeste.

**Figura 9 Vientos Medidos en la Estación Meteorológica Caimito Localizada en 9.02°N, 80.68°W**



Notas: % = por ciento; ° = grado; m/s = metros por segundo; N = norte; W = oeste.

- **Viscosidad de Remolino:** La posición inicial para la viscosidad de remolino se basa en una formulación Smagorinsky con un coeficiente de 0.28.

La calibración del modelo se hizo de la siguiente manera:

- Niveles de agua y corrientes simulados fueron comparados con las mediciones de los niveles de agua y Corrientes recolectadas en el sitio de la unidad PACD en Punta Rincón;
- El valor de la resistencia del lecho fue muy variado de 20 a 50  $\text{m}^{1/3}/\text{s}$ ; y
- El valor de la viscosidad de remolino varió de 0.15 a 0.35.

Los parámetros calibrados en el modelo de flujo HD incluyeron lo siguiente:

- paso de tiempo/temporal - 120 segundos;
- resistencia de lecho - 45  $\text{m}^{1/3}/\text{s}$ ; y
- viscosidad de remolino - 0.2.

La comparación de los resultados del modelo y las mediciones de los niveles de agua y las corrientes en la unidad PACD de Punta Rincón (Figura 10) muestran una concordancia muy buena entre los perfiles simulados y medidos del nivel de agua en los sitios de la PACD de Punta Rincón.

Los resultados del modelo de velocidad y dirección de las corrientes manifiestan diferencias al ser comparados con los valores medidos. La velocidad de las corrientes simuladas generalmente son menores que la velocidad medida de las corrientes, y generalmente están en fase. Las corrientes máximas ocurren aproximadamente alrededor de la marea baja, y las corrientes mínimas ocurren alrededor de la marea alta. La dirección de corriente simulada parece estar dirigida generalmente hacia el noreste, mientras que la dirección de corrientes medida de profundidad promediada es más variable. Existen varios motivos para las discrepancias entre los valores simulados y los medidos. Estos incluyen lo siguiente:

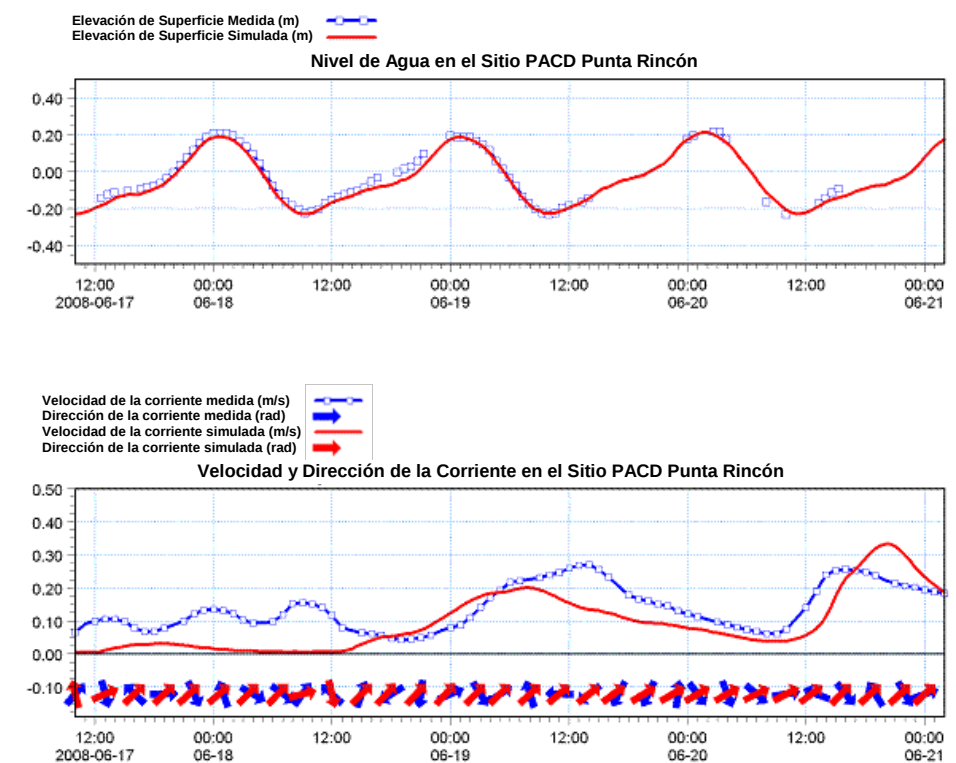
- Los datos medidos en las corrientes marinas a distancia y cercanas de la costa exhiben una estratificación (capas verticales) a través de la columna de agua impulsada por los procesos oceánicos como las corrientes marinas, las mareas, el rompimiento de las olas, la densidad y la estratificación térmica (ver también la Sección 3.3).
- El Modelo Hidrodinámico MIKE 21 resuelve las ecuaciones Navier-Stokes de profundidad integrada, para proporcionar la velocidad y dirección de la corriente de profundidad promediada que no resuelven la estratificación de la columna de agua.



Ya que la simulación de flujos tri-dimensionales excede la capacidad de un modelo bi-dimensional, los datos de velocidad y dirección medidas de la corriente quedaban limitados a la capa superior de la columna de agua para abordar las corrientes empujadas por el viento y la circulación cercana a la costa en las zonas costeras de poca profundidad.

Aunque se completaron más de 30 recorridos con el modelo en un intento por calibrar la velocidad y dirección de las corrientes, la variación vertical observada en velocidad a través de la columna de agua en el sitio del Proyecto propuesto limita la capacidad de calibrar el modelo bi-dimensional MIKE21 a las mediciones de campo de velocidad y dirección de la corriente. Sin embargo, la simulación se considera como representativa de la circulación de la corriente en la capa superior de la columna de agua empujada por el viento.

**Figura 10 Comparación de los Niveles de Agua y Corrientes Simulados y Medidos en el Sitio del Perfilador Acústico de Corrientes Doppler en Punta Rincón**



Notas: PACD = perfilador acústico de corrientes doppler; m = metro; m/s = metros por segundo; rad = radio.

### 3.3 CALIBRACIÓN DEL MÓDULO DE OLA ESPECTRAL

El modulo de ola espectral (SW) fue calibrado utilizando los datos y parámetros disponibles. Los parámetros de calibración disponibles en MIKE 21 SW incluyen lo siguiente:

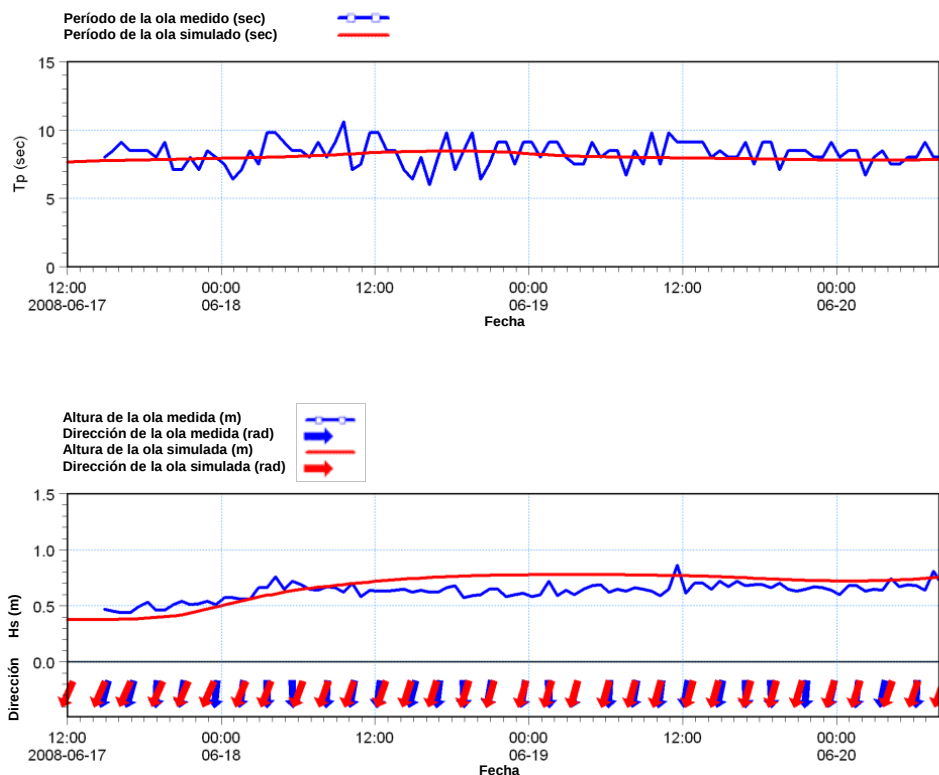
- Fricción de fondo. Un aumento en el coeficiente de fricción de fondo en aguas de poca profundidad usualmente lleva a un aumento en la disipación de energía y por tanto una disminución en la altura de las olas y un aumento en los períodos de las mismas. El valor por defecto es la rugosidad Nikuradse  $k_n = 0.04$  metros (m).
- Disipación inducida por la pendiente. En el modulo SW, dos parámetros,  $C_{ds}$  y  $\delta$ , controlan la tasa de disipación de energía inducida por la pendiente, también conocida como la creación de copos blancos o “white capping”. Los valores predeterminados son  $C_{ds}=4.5$  y  $\delta=0.5$ . Sin embargo, si existen dificultades para calibrar un modelo mar adentro donde las alturas/períodos de las olas simuladas generalmente son demasiado pequeñas en comparación con las mediciones, se puede mejorar los resultados del modelo reduciendo el coeficiente  $C_{ds}$ .

La fricción de fondo y el factor de copos blancos o “White Caps” fueron utilizados para calibrar el modelo, lo que produjo los siguientes valores:

- fricción de fondo  $k_n=0.01$  m;
- copos blancos o “white-caps”  $C_{ds}=3.5$ ; and
- proyecciones ajustadas de la ola de Wavewatch III por un factor de 1.2.

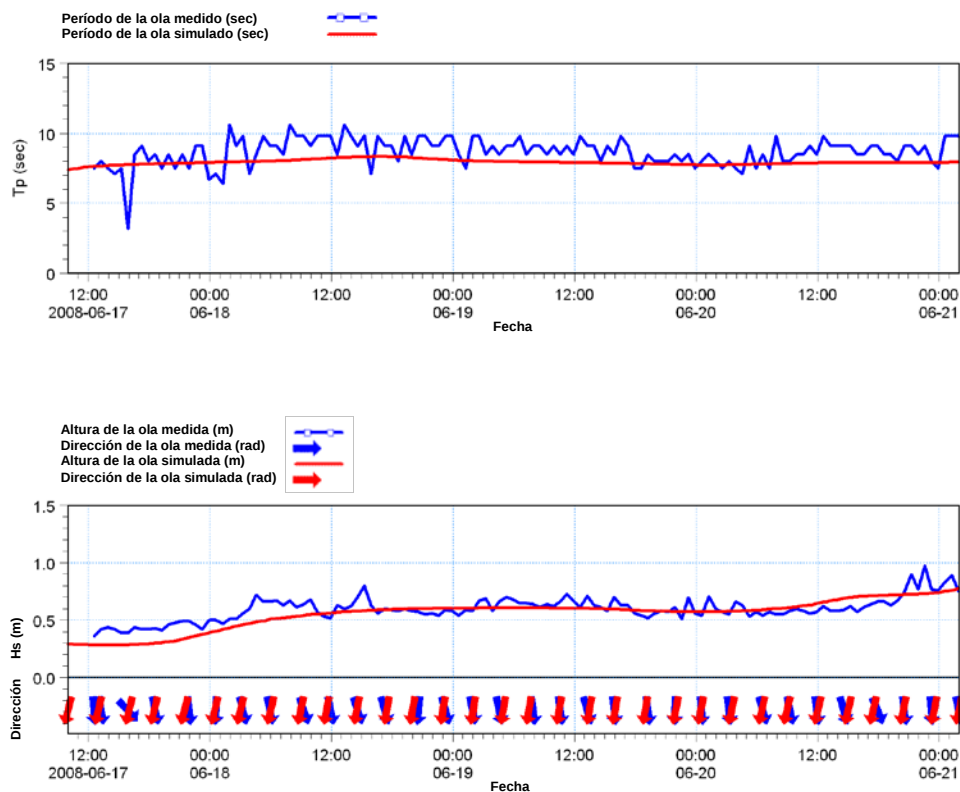
Las alturas, períodos y direcciones de la ola simulados fueron comparados con los datos medidos provenientes de tres sitios. Se disponía de datos sobre la altura, período y dirección de las olas del sitio desde la unidad PACD Este, la PACD Punta Rincón, y los sitios de PACD Oeste. Las comparaciones de los datos simulados frente a los medidos son muestran en las Figuras 11 a 13. Las características registradas de la ola (e.g., altura, período y dirección de las olas) han sido bien reproducidas por el modelo de ola SW, proporcionando un buen nivel de confianza a las capacidades del modelo para hacer proyecciones.

**Figura 11 Comparación de Altura, Período y Dirección de la Ola Simulados y Medidos en el Sitio Este del Perfilador Acústico de Corrientes Doppler**



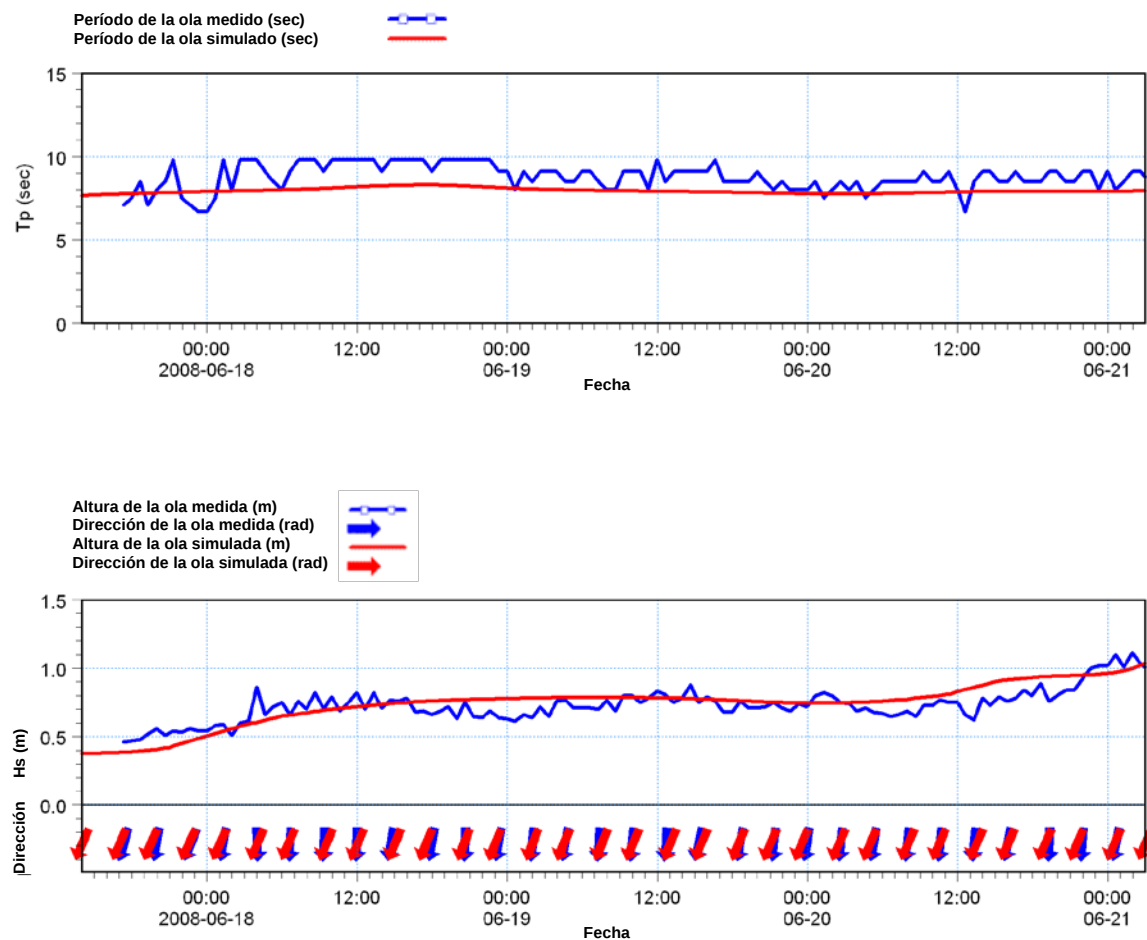
Notas: deg = grados; m = metro; rad = radio; sec = segundo; Hs = altura significativa de la ola; Tp = período máximo de la ola.

**Figura 12 Comparación de Altura, Período y Dirección de la Ola Simulados y Medidos en el Sitio del Perfilador Acústico de Corrientes Doppler en Punta Rincón**



Notas: deg = grados; m = metro; rad = radio; sec = segundo; Hs = altura significativa de la ola; Tp = período máximo de la ola.

**Figura 13 Comparación de Altura, Período y Dirección de la Ola Simulados y Medidos en el Sitio Oeste del Perfilador Acústico de Corrientes Doppler**



Notas: deg = grados; m = metro; rad = radio; sec = segundo; Hs = altura significativa de la ola;  
Tp = período máximo de la ola.



## 4 VERIFICACIÓN DEL MODELO

Una vez calibrado el modelo, fue validado con los datos adicionales del sitio. En general la validación requiere que el modelo calibrado sea evaluado haciendo simulaciones adicionales y comparando los resultados con mediciones independientes sin cambiar ninguno de los parámetros calibrados.

El modelo acoplado HD y SW y la batimetría mar adentro fueron validados utilizando datos disponibles medidos en Enero del 2008 en el sitio propuesto para el Proyecto. Las condiciones límites fueron definidas como sigue:

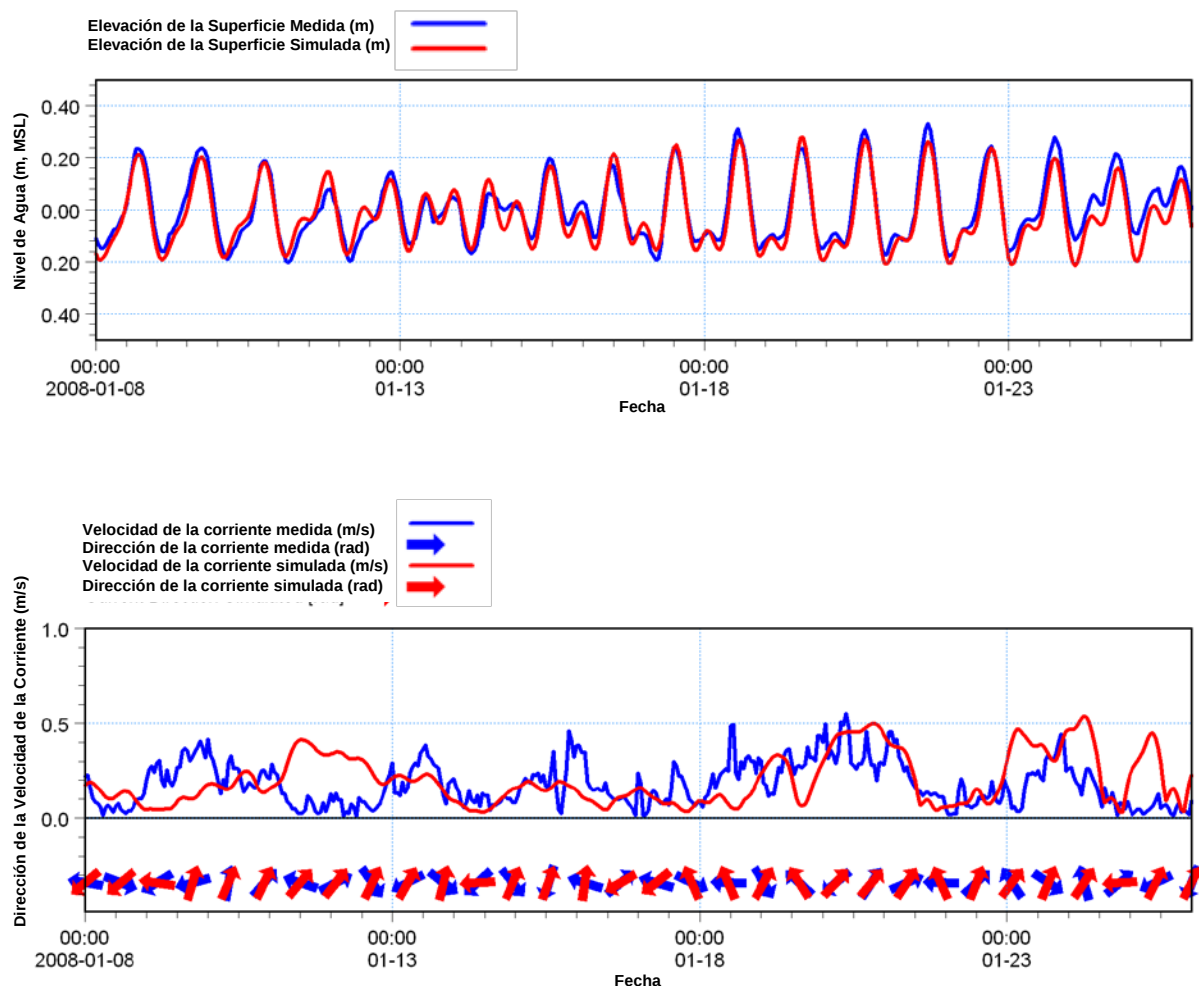
- Límite Este (mar adentro):
  - los datos sobre las olas para el cálculo de condiciones pasadas de Wavewatch III fueron aplicados como la condición de entrada de las olas a lo largo del límite con el factor de calibración; y
  - los cambios en el nivel del agua en el punto medio del límite (609,710E/1,069,020N) fueron proyectados por un modelo Mike 21 y aplicados como las condiciones de flujo en el límite.
- Límite Mar Adentro:
  - los datos de las olas para el cálculo de condiciones pasadas de Wavewatch III fueron aplicados como las condiciones de las olas; y
  - los cambios en el nivel de agua proyectados en el punto medio del límite (541,099E/1,105,366N) fueron aplicados como las condiciones límite de flujo.
- Límite Oeste (mar adentro):
  - se fijó un límite lateral para las olas que pasan libremente a través del límite; y
  - los cambios en el nivel del agua proyectados en el punto medio del límite (472,560E/1,050,075N) fueron aplicados como las condiciones de flujo.
- Límite Sur (mar adentro):
  - la línea de la costa fue aplicada como el límite sur para las condiciones tanto de las olas como de flujo.
- Dominio del Modelo (mar adentro):
  - los datos de viento para los cálculos de las condiciones pasadas de ANOVA Wavewatch III fueron aplicados como la fuerza del viento sobre el dominio del modelo.

La Figura 14 muestra las series temporales del nivel de agua, la velocidad de corrientes y la dirección en el lugar de medición. La comparación entre los datos simulados y

medidos de la variación del nivel de agua muestra una buena concordancia. De nuevo, la comparación de los datos simulados y medidos para la velocidad y dirección de las corrientes muestran diferencias similares a las observadas durante la calibración del modelo. Las velocidades de la corriente del modelo parecen ser de la misma magnitud que las velocidades de las corrientes medidas. Típicamente la dirección de las corrientes del modelo es hacia el noreste, mientras que la dirección medida de corrientes promediada por profundidad es más variable. Los motivos de las diferencias en la velocidad y dirección de las corrientes probablemente se deben a la naturaleza tri-dimensional del perfil de las corrientes en el sitio, y la utilización de una corriente de profundidad promedio en el modelo.

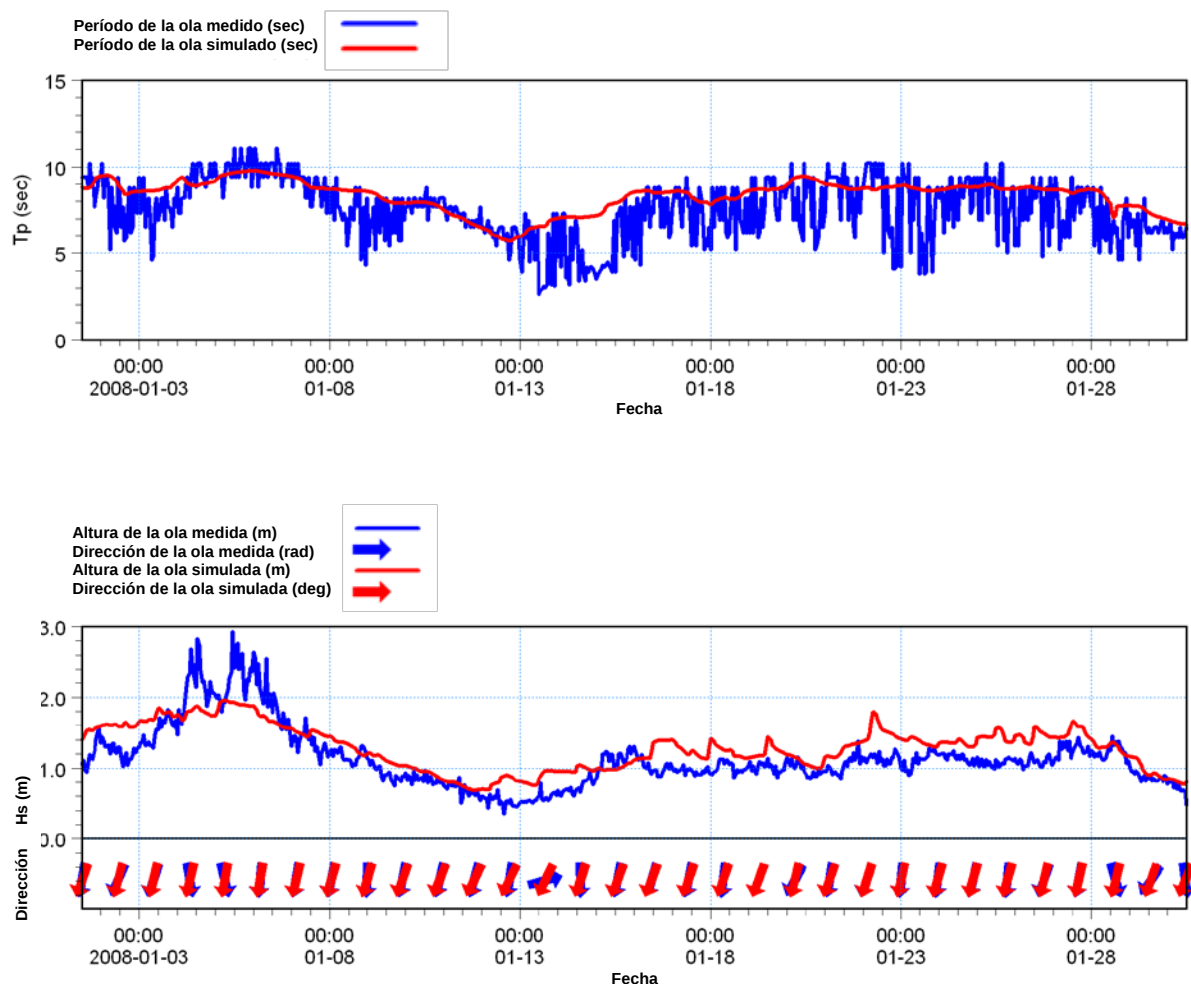
La Figura 15 muestra las series temporales de altura de la ola, períodos máximos de la ola y la dirección media de la ola significativos en el lugar de medición. Los resultados del modelo se comparan favorablemente con los datos medidos, y describen muy bien los cambios registrados en las olas en Enero del 2008.

**Figura 14 Comparación de los Niveles de la Ola, Velocidad de la Corriente y Dirección de la Corriente Simulados y Medidos en el Sitio del Perfilador Acústico de Corrientes Doppler de Sandwell**



Notas: m = metro; m/s = metros por segundo; rad = radio; NMM = nivel medio de mar.

**Figura 15 Comparación de la Altura, del Período y la Dirección de la Ola Simulados y Medidos en el Sitio del Perfilador Acústico de Corrientes Doppler de Sandwell**



Notas: deg = grados; m = metro; Hs = altura significativa de la ola; rad = radio; sec = segundos; Tp = período máximo de la ola.

## 5 CONCLUSIONES

Un modelo hidrodinámico de olas y corrientes fue calibrado y validado utilizando los datos de campo recolectados en el sitio del puerto propuesto. El modelo bi-dimensional fue implementado con el objetivo de simular las corrientes superficiales que son las más afectadas por las olas, el viento, las mareas y las variaciones contra-corriente del Caribe. El modelo fue bien calibrado a los efectos de las olas, el viento y las mareas. Una comparación con las corrientes medidas muestra que el modelo es generalmente representativo de las condiciones del sitio, pero mostró que los cambios rápidos de dirección registrados no pueden ser reproducidos.



**ANEXO VII**

**APÉNDICE B**

**RESULTADOS DE LA CALIDAD DEL AGUA**

Tabla 1 Datos de la Calidad del Agua Marina y de Estuario (Enero 2008)

|                                                                   |                        |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Cliente:                                                          | Golder Associates Ltd. | Criterios Ambientales Seleccionados | Sitios Marinos                     |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Fecha de Descarga:                                                | 29/01/2008             |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Nombre Proyecto:                                                  | Mina de Cobre Panamá   |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Proyecto Número:                                                  | 07-1334-0018 (2120)    |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Cadena de Custodia:                                               | 2086117                |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Muestras recibidas:                                               | 18/01/2008             |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| ID de la Muestra<br>CANTEST ID<br>Fecha del Muestreo<br>Parámetro | Unidades               |                                     | M1-1.5m<br>801210190<br>14/01/2008 | M2-5m<br>801210189<br>14/01/2008 | M2-10m<br>801210186<br>14/01/2008 | M2-15m<br>801210188<br>14/01/2008 | M3-1<br>801210162<br>14/01/2008 | M3-2<br>801210171<br>14/01/2008 | M3-3<br>801210172<br>14/01/2008 |
| Parámetros Convencionales en el Agua                              |                        |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| pH, Laboratorio                                                   | Unidad pH              | 7.0-8.7                             | 8.01                               | 8.05                             | 8.01                              | 8.04                              | 8                               | 8.03                            | 8.03                            |
| conductividad                                                     | uS/cm                  |                                     | 60600                              | 70200                            | 70400                             | 69100                             | 67600                           | 67000                           | 70300                           |
| dureza                                                            | mg/L                   |                                     | 5860                               | 6330                             | 6850                              | 6070                              | 5900                            | 5910                            | 6950                            |
| dureza (total)                                                    | mg/L                   |                                     | 5230                               | 5980                             | 6730                              | 6120                              | 5850                            | 6110                            | 6490                            |
| total sólidos disueltos                                           | mg/L                   | 35000                               | 32000                              | 35500                            | 36300                             | 37600                             | 35400                           | 36500                           | 37200                           |
| total sólidos en suspensión                                       | mg/L                   | 50                                  | 1                                  | 4                                | 3                                 | 2                                 | 1                               | 6                               | 3                               |
| total alcalinidad                                                 | mg/L                   |                                     | 93.6                               | 102                              | 106                               | 107                               | 102                             | 105                             | 105                             |
| bicarbonato Alcalino                                              | mg/L                   |                                     | 114                                | 124                              | 130                               | 130                               | 125                             | 128                             | 128                             |
| carbonato alcalino                                                | mg/L                   |                                     | < 0.5                              | < 0.5                            | < 0.5                             | < 0.5                             | < 0.5                           | < 0.5                           | < 0.5                           |
| hidróxido alcalino                                                | mg/L                   |                                     | < 0.5                              | < 0.5                            | < 0.5                             | < 0.5                             | < 0.5                           | < 0.5                           | < 0.5                           |
| fluoruro disuelto                                                 | mg/L                   | 0.75                                | < 10                               | < 10                             | < 10                              | < 10                              | < 10                            | < 10                            | < 10                            |
| cloruro disuelto                                                  | mg/L                   |                                     | 17800                              | 20900                            | 19100                             | 21500                             | 17200                           | 19100                           | 19700                           |
| nitrato y nitrito                                                 | mg/L                   |                                     | < 10                               | < 10                             | < 10                              | < 10                              | < 10                            | < 10                            | < 10                            |
| nitrato disuelto                                                  | mg/L                   | 0.4                                 | < 10                               | < 10                             | < 10                              | < 10                              | < 10                            | < 10                            | < 10                            |
| nitrito                                                           | mg/L                   | 0.07                                | < 0.002                            | < 0.002                          | < 0.002                           | 0.006                             | < 0.002                         | < 0.002                         | < 0.002                         |
| sulfato disuelto                                                  | mg/L                   |                                     | 2300                               | 2640                             | 2350                              | 2710                              | 1840                            | 2180                            | 2340                            |
| total BOD                                                         | mg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| demanda química de oxígeno                                        | mg/L                   |                                     | 2530                               | 2640                             | 2060                              | 3210                              | 1780                            | 2190                            | 1170                            |
| total aceite y grasa                                              | mg/L                   | 0.5                                 | < 2                                | < 2                              | < 2                               | < 2                               | < 2                             | -                               | < 2                             |
| hidrocarburo aceite y grasa                                       | mg/L                   | 0.5                                 | < 2                                | < 2                              | < 2                               | < 2                               | < 2                             | -                               | < 2                             |
| carbón orgánico disuelto                                          | mg/L                   |                                     | 1.7                                | 1.6                              | < 1                               | 1.7                               | 1.9                             | 1.8                             | < 1                             |
| nitrógeno amoniacal                                               | mg/L                   | 0.4                                 | < 0.01                             | < 0.01                           | < 0.01                            | < 0.01                            | < 0.01                          | < 0.01                          | < 0.01                          |
| nitrógeno total kjeldahl                                          | mg/L                   |                                     | < 0.2                              | < 0.2                            | < 0.2                             | < 0.2                             | < 0.2                           | 0.2                             | 0.2                             |
| nitrógeno Total                                                   | mg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |

Tabla 1 Datos de la Calidad del Agua Marina y de Estuario (Enero 2008) (continuación)

| Cliente:                                                          | Golder Associates Ltd. | Criterios Ambientales Seleccionados | Sitios Marinos                     |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Fecha de Descarga:                                                | 29/01/2008             |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Nombre Proyecto:                                                  | Mina de Cobre Panamá   |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Proyecto Número:                                                  | 07-1334-0018 (2120)    |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Cadena de Custodia:                                               | 2086117                |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Muestras recibidas:                                               | 18/01/2008             |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| ID de la Muestra<br>CANTEST ID<br>Fecha del Muestreo<br>Parámetro | Unidades               |                                     | M1-1.5m<br>801210190<br>14/01/2008 | M2-5m<br>801210189<br>14/01/2008 | M2-10m<br>801210186<br>14/01/2008 | M2-15m<br>801210188<br>14/01/2008 | M3-1<br>801210162<br>14/01/2008 | M3-2<br>801210171<br>14/01/2008 | M3-3<br>801210172<br>14/01/2008 |
| nitrógeno total orgánico                                          | mg/L                   |                                     | < 0.2                              | < 0.2                            | < 0.2                             | < 0.2                             | < 0.2                           | 0.2                             | 0.2                             |
| fenólicos totales                                                 | mg/L                   |                                     | < 0.001                            | < 0.001                          | < 0.001                           | < 0.001                           | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |
| cianuro total                                                     | mg/L                   | 0.001                               | < 0.01                             | < 0.01                           | < 0.01                            | < 0.01                            | < 0.01                          | < 0.01                          | < 0.01                          |
| cianuro, ácido débil disociado                                    | mg/L                   |                                     | < 0.01                             | < 0.01                           | < 0.01                            | < 0.01                            | < 0.01                          | < 0.01                          | < 0.01                          |
| Análisis de Metales en el Agua                                    |                        |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| aluminio total                                                    | mg/L                   | 0.1                                 | 0.02                               | 0.017                            | 0.016                             | 0.014                             | 0.016                           | 0.01                            | 0.017                           |
| antimonio total                                                   | mg/L                   |                                     | < 0.001                            | < 0.001                          | < 0.001                           | < 0.001                           | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |
| arsénico total                                                    | mg/L                   | 0.01                                | 0.009                              | 0.01                             | 0.01                              | 0.01                              | 0.009                           | 0.009                           | 0.01                            |
| bario total                                                       | mg/L                   |                                     | 0.011                              | 0.009                            | 0.008                             | 0.008                             | 0.01                            | 0.01                            | 0.009                           |
| berilio total                                                     | mg/L                   |                                     | < 0.001                            | < 0.001                          | < 0.001                           | < 0.001                           | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |
| bismuto total                                                     | mg/L                   |                                     | < 0.001                            | < 0.001                          | < 0.001                           | < 0.001                           | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |
| boro total                                                        | mg/L                   |                                     | 3.53                               | 3.71                             | 4.08                              | 3.84                              | 4.05                            | 4.01                            | 3.95                            |
| cadmio total                                                      | mg/L                   | 0.00012                             | < 0.0002                           | < 0.0002                         | < 0.0002                          | < 0.0002                          | < 0.0002                        | < 0.0002                        | < 0.0002                        |
| calcio total                                                      | mg/L                   |                                     | 325                                | 360                              | 393                               | 383                               | 433                             | 430                             | 412                             |
| cromo total                                                       | mg/L                   | 0.05                                | < 0.001                            | < 0.001                          | < 0.001                           | 0.001                             | 0.001                           | 0.002                           | 0.001                           |
| cobalto total                                                     | mg/L                   |                                     | < 0.001                            | < 0.001                          | < 0.001                           | < 0.001                           | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |
| cobre total                                                       | mg/L                   | 0.005                               | 0.01                               | 0.011                            | 0.011                             | 0.012                             | 0.013                           | 0.013                           | 0.014                           |
| hierro total                                                      | mg/L                   |                                     | 0.06                               | 0.07                             | < 0.05                            | 0.09                              | 0.09                            | 0.1                             | 0.08                            |
| plomo total                                                       | mg/L                   | 0.001                               | < 0.001                            | < 0.001                          | < 0.001                           | < 0.001                           | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |
| litio total                                                       | mg/L                   |                                     | 0.15                               | 0.16                             | 0.18                              | 0.17                              | 0.19                            | 0.18                            | 0.18                            |
| magnesio total                                                    | mg/L                   |                                     | 1070                               | 1230                             | 1390                              | 1250                              | 1160                            | 1220                            | 1320                            |
| manganeso total                                                   | mg/L                   |                                     | 0.002                              | < 0.001                          | < 0.001                           | < 0.001                           | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |
| mercurio total                                                    | mg/L                   | 0.0002                              | < 0.00002                          | < 0.00002                        | < 0.00002                         | < 0.00002                         | < 0.00002                       | < 0.00002                       | < 0.00002                       |
| molibdeno total                                                   | mg/L                   |                                     | 0.0098                             | 0.011                            | 0.012                             | 0.011                             | 0.013                           | 0.013                           | 0.012                           |

Tabla 1 Datos de la Calidad del Agua Marina y de Estuario (Enero 2008) (continuación)

|                                                                   |                        |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Cliente:                                                          | Golder Associates Ltd. | Criterios Ambientales Seleccionados | Sitios Marinos                     |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Fecha de Descarga:                                                | 29/01/2008             |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Nombre Proyecto:                                                  | Mina de Cobre Panamá   |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Proyecto Número:                                                  | 07-1334-0018 (2120)    |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Cadena de Custodia:                                               | 2086117                |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Muestras recibidas:                                               | 18/01/2008             |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| ID de la Muestra<br>CANTEST ID<br>Fecha del Muestreo<br>Parámetro | Unidades               |                                     | M1-1.5m<br>801210190<br>14/01/2008 | M2-5m<br>801210189<br>14/01/2008 | M2-10m<br>801210186<br>14/01/2008 | M2-15m<br>801210188<br>14/01/2008 | M3-1<br>801210162<br>14/01/2008 | M3-2<br>801210171<br>14/01/2008 | M3-3<br>801210172<br>14/01/2008 |
| níquel total                                                      | mg/L                   | 0.025                               | 0.001                              | 0.002                            | 0.002                             | 0.002                             | 0.002                           | 0.002                           | 0.002                           |
| fósforo total                                                     | mg/L                   | 0.12                                | < 0.15                             | < 0.15                           | < 0.15                            | < 0.15                            | < 0.15                          | < 0.15                          | < 0.15                          |
| potasio total                                                     | mg/L                   |                                     | 328                                | 362                              | 396                               | 370                               | 350                             | 363                             | 389                             |
| selenio total                                                     | mg/L                   | 0.01                                | < 0.001                            | < 0.001                          | < 0.001                           | < 0.001                           | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |
| silicio total                                                     | mg/L                   |                                     | 1                                  | 0.4                              | 0.3                               | 0.3                               | 0.5                             | 0.4                             | 0.3                             |
| plata total                                                       | mg/L                   |                                     | < 0.00025                          | < 0.00025                        | < 0.00025                         | < 0.00025                         | < 0.00025                       | < 0.00025                       | < 0.00025                       |
| sodio total                                                       | mg/L                   |                                     | 7790                               | 8220                             | 9310                              | 9940                              | 8620                            | 8920                            | 9690                            |
| estroncio total                                                   | mg/L                   |                                     | 6.96                               | 7.83                             | 8.25                              | 8.37                              | 8.94                            | 9.07                            | 8.74                            |
| telurio total                                                     | mg/L                   |                                     | < 0.001                            | < 0.001                          | < 0.001                           | < 0.001                           | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |
| total talio                                                       | mg/L                   |                                     | < 0.0001                           | < 0.0001                         | < 0.0001                          | < 0.0001                          | < 0.0001                        | < 0.0001                        | < 0.0001                        |
| torio total                                                       | mg/L                   |                                     | < 0.0005                           | < 0.0005                         | < 0.0005                          | < 0.0005                          | < 0.0005                        | < 0.0005                        | < 0.0005                        |
| estaño total                                                      | mg/L                   | 0.5                                 | < 0.001                            | < 0.001                          | < 0.001                           | < 0.001                           | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |
| titanio total                                                     | mg/L                   |                                     | 0.01                               | 0.011                            | 0.017                             | 0.014                             | 0.023                           | 0.019                           | 0.018                           |
| uranio total                                                      | mg/L                   |                                     | 0.0029                             | 0.0032                           | 0.0035                            | 0.0035                            | 0.0036                          | 0.004                           | 0.0038                          |
| vanadio total                                                     | mg/L                   |                                     | 0.001                              | 0.001                            | 0.001                             | 0.002                             | 0.002                           | 0.002                           | 0.002                           |
| zinc total                                                        | mg/L                   | 0.09                                | < 0.005                            | < 0.005                          | < 0.005                           | < 0.005                           | < 0.005                         | < 0.005                         | < 0.005                         |
| circonio total                                                    | mg/L                   |                                     | < 0.01                             | < 0.01                           | < 0.01                            | < 0.01                            | < 0.01                          | < 0.01                          | < 0.01                          |
| aluminio disuelto                                                 | mg/L                   |                                     | 0.01                               | 0.008                            | < 0.005                           | 0.007                             | 0.013                           | 0.009                           | 0.006                           |
| antimonio disuelto                                                | mg/L                   |                                     | < 0.001                            | < 0.001                          | < 0.001                           | < 0.001                           | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |
| arsénico disuelto                                                 | mg/L                   |                                     | 0.01                               | 0.01                             | 0.009                             | 0.01                              | 0.009                           | 0.011                           | 0.01                            |
| barrio disuelto                                                   | mg/L                   |                                     | 0.011                              | 0.01                             | 0.009                             | 0.008                             | 0.009                           | 0.01                            | 0.008                           |
| berilio disuelto                                                  | mg/L                   |                                     | < 0.001                            | < 0.001                          | < 0.001                           | < 0.001                           | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |
| bismuto disuelto                                                  | mg/L                   |                                     | < 0.001                            | < 0.001                          | < 0.001                           | < 0.001                           | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |
| boro disuelto                                                     | mg/L                   |                                     | 3.52                               | 3.67                             | 3.74                              | 3.91                              | 3.87                            | 4.53                            | 3.8                             |

Tabla 1 Datos de la Calidad del Agua Marina y de Estuario (Enero 2008) (continuación)

| Cliente:                                                          | Golder Associates Ltd. | Criterios Ambientales Seleccionados | Sitios Marinos                     |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Fecha de Descarga:                                                | 29/01/2008             |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Nombre Proyecto:                                                  | Mina de Cobre Panamá   |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Proyecto Número:                                                  | 07-1334-0018 (2120)    |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Cadena de Custodia:                                               | 2086117                |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Muestras recibidas:                                               | 18/01/2008             |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| ID de la Muestra<br>CANTEST ID<br>Fecha del Muestreo<br>Parámetro | Unidades               |                                     | M1-1.5m<br>801210190<br>14/01/2008 | M2-5m<br>801210189<br>14/01/2008 | M2-10m<br>801210186<br>14/01/2008 | M2-15m<br>801210188<br>14/01/2008 | M3-1<br>801210162<br>14/01/2008 | M3-2<br>801210171<br>14/01/2008 | M3-3<br>801210172<br>14/01/2008 |
| cadmio disuelto                                                   | mg/L                   |                                     | < 0.0002                           | < 0.0002                         | < 0.0002                          | < 0.0002                          | < 0.0002                        | < 0.0002                        | < 0.0002                        |
| calcio disuelto                                                   | mg/L                   |                                     | 290                                | 338                              | 353                               | 356                               | 332                             | 339                             | 349                             |
| cromo disuelto                                                    | mg/L                   |                                     | < 0.001                            | 0.001                            | 0.001                             | < 0.001                           | 0.001                           | 0.002                           | 0.001                           |
| cobalto disuelto                                                  | mg/L                   |                                     | 0.01                               | 0.009                            | 0.003                             | 0.003                             | 0.009                           | 0.01                            | 0.008                           |
| cobre disuelto                                                    | mg/L                   |                                     | 0.01                               | 0.012                            | 0.012                             | 0.011                             | 0.012                           | 0.015                           | 0.012                           |
| hierro disuelto                                                   | mg/L                   | 0.05                                | < 0.05                             | < 0.05                           | < 0.05                            | < 0.05                            | < 0.05                          | < 0.05                          | < 0.05                          |
| plomo disuelto                                                    | mg/L                   |                                     | < 0.001                            | < 0.001                          | < 0.001                           | < 0.001                           | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |
| litio disuelto                                                    | mg/L                   |                                     | 0.15                               | 0.16                             | 0.17                              | 0.17                              | 0.18                            | 0.21                            | 0.17                            |
| magnesio disuelto                                                 | mg/L                   |                                     | 1220                               | 1310                             | 1420                              | 1240                              | 1200                            | 1140                            | 1450                            |
| manganeso disuelto                                                | mg/L                   |                                     | 0.015                              | 0.014                            | 0.004                             | 0.004                             | 0.013                           | 0.014                           | 0.012                           |
| mercurio disuelto                                                 | mg/L                   |                                     | < 0.00002                          | < 0.00002                        | < 0.00002                         | < 0.00002                         | < 0.00002                       | < 0.00002                       | < 0.00002                       |
| molibdeno disuelto                                                | mg/L                   |                                     | 0.01                               | 0.011                            | 0.012                             | 0.011                             | 0.012                           | 0.014                           | 0.011                           |
| níquel disuelto                                                   | mg/L                   |                                     | 0.002                              | 0.002                            | 0.002                             | 0.002                             | 0.002                           | 0.003                           | 0.002                           |
| fosforo disuelto                                                  | mg/L                   |                                     | < 0.15                             | < 0.15                           | < 0.15                            | < 0.15                            | < 0.15                          | < 0.15                          | < 0.15                          |
| potasio disuelto                                                  | mg/L                   |                                     | 343                                | 366                              | 394                               | 390                               | 364                             | 354                             | 402                             |
| selenio disuelto                                                  | mg/L                   |                                     | < 0.001                            | < 0.001                          | < 0.001                           | < 0.001                           | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |
| silicio disuelto                                                  | mg/L                   |                                     | 1                                  | 0.5                              | 0.3                               | < 0.25                            | 0.5                             | 0.4                             | 0.3                             |
| plata disuelto                                                    | mg/L                   |                                     | < 0.00025                          | < 0.00025                        | < 0.00025                         | < 0.00025                         | < 0.00025                       | < 0.00025                       | < 0.00025                       |
| sodio disuelto                                                    | mg/L                   |                                     | 7830                               | 9110                             | 9440                              | 9520                              | 8980                            | 9090                            | 9300                            |
| estroncio disuelto                                                | mg/L                   |                                     | 7.18                               | 8.09                             | 8.68                              | 8.34                              | 8.36                            | 10.3                            | 8.28                            |
| telurio disuelto                                                  | mg/L                   |                                     | < 0.001                            | < 0.001                          | < 0.001                           | < 0.001                           | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |
| talio disuelto                                                    | mg/L                   |                                     | < 0.0001                           | < 0.0001                         | < 0.0001                          | < 0.0001                          | < 0.0001                        | 0.001                           | < 0.0001                        |
| torio disuelto                                                    | mg/L                   |                                     | < 0.0005                           | < 0.0005                         | < 0.0005                          | < 0.0005                          | < 0.0005                        | < 0.0005                        | < 0.0005                        |
| estaño disuelto                                                   | mg/L                   |                                     | < 0.001                            | < 0.001                          | < 0.001                           | < 0.001                           | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |



Tabla 1 Datos de la Calidad del Agua Marina y de Estuario (Enero 2008) (continuación)

|                                                                   |                        |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Ciente:                                                           | Golder Associates Ltd. | Criterios Ambientales Seleccionados | Sitios Marinos                     |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Fecha de Descarga:                                                | 29/01/2008             |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Nombre Proyecto:                                                  | Mina de Cobre Panamá   |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Proyecto Número:                                                  | 07-1334-0018 (2120)    |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Cadena de Custodia:                                               | 2086117                |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Muestras recibidas:                                               | 18/01/2008             |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| ID de la Muestra<br>CANTEST ID<br>Fecha del Muestreo<br>Parámetro | Unidades               |                                     | M1-1.5m<br>801210190<br>14/01/2008 | M2-5m<br>801210189<br>14/01/2008 | M2-10m<br>801210186<br>14/01/2008 | M2-15m<br>801210188<br>14/01/2008 | M3-1<br>801210162<br>14/01/2008 | M3-2<br>801210171<br>14/01/2008 | M3-3<br>801210172<br>14/01/2008 |
| titanio disuelto                                                  | mg/L                   |                                     | 0.011                              | 0.011                            | 0.016                             | 0.014                             | 0.026                           | 0.027                           | 0.016                           |
| uranio disuelto                                                   | mg/L                   |                                     | 0.0029                             | 0.0033                           | 0.0036                            | 0.0035                            | 0.0029                          | 0.0045                          | 0.0036                          |
| vanadio disuelto                                                  | mg/L                   |                                     | 0.001                              | 0.002                            | 0.002                             | 0.002                             | 0.002                           | 0.002                           | 0.002                           |
| zinc disuelto                                                     | mg/L                   |                                     | < 0.005                            | < 0.005                          | < 0.005                           | < 0.005                           | < 0.005                         | < 0.005                         | < 0.005                         |
| zirconio disuelto                                                 | mg/L                   |                                     | < 0.01                             | < 0.01                           | < 0.01                            | < 0.01                            | < 0.01                          | < 0.01                          | < 0.01                          |
| Herbicidas Ácido Clorado                                          |                        |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| 2,4-D                                                             | µg/L                   | 30                                  | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| 2,4-DB                                                            | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| 2,4,5-T                                                           | µg/L                   | 10                                  | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| 2,4,5-TP                                                          | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| Dicamba                                                           | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| MCPA                                                              | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| MCPD                                                              | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| Picloram                                                          | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| Hidrocarburos Volátiles Monocíclicos – Inyección Directa          |                        |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| benceno                                                           | µg/L                   | 51                                  | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| benceno de etilo/etílico                                          | µg/L                   | 25                                  | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| tolueno                                                           | µg/L                   | 215                                 | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| xilenos                                                           | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| estireno                                                          | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| Hidrocarburos Aromáticos Monocíclicos– Extracción Metanol         |                        |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| hidrocarburo volátil VHw6-10                                      | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| VPHw                                                              | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |

Tabla 1 Datos de la Calidad del Agua Marina y de Estuario (Enero 2008) (continuación)

|                                                                   |                        |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Cliente:                                                          | Golder Associates Ltd. | Criterios Ambientales Seleccionados | Sitios Marinos                     |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Fecha de Descarga:                                                | 29/01/2008             |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Nombre Proyecto:                                                  | Mina de Cobre Panamá   |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Proyecto Número:                                                  | 07-1334-0018 (2120)    |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Cadena de Custodia:                                               | 2086117                |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Muestras recibidas:                                               | 18/01/2008             |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| ID de la Muestra<br>CANTEST ID<br>Fecha del Muestreo<br>Parámetro | Unidades               |                                     | M1-1.5m<br>801210190<br>14/01/2008 | M2-5m<br>801210189<br>14/01/2008 | M2-10m<br>801210186<br>14/01/2008 | M2-15m<br>801210188<br>14/01/2008 | M3-1<br>801210162<br>14/01/2008 | M3-2<br>801210171<br>14/01/2008 | M3-3<br>801210172<br>14/01/2008 |
| Pesticidas Órganoclorado                                          |                        |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| aldrin                                                            | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| alpha-BHC                                                         | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| beta-BHC                                                          | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| delta-BHC                                                         | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| gamma-BHC (Lindano)                                               | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| alpha-Clordano                                                    | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| gamma-Clordano                                                    | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| o,p-DDD                                                           | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| p,p-DDD                                                           | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| o,p-DDE                                                           | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| p,p-DDE                                                           | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| o,p-DDT                                                           | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| p,p-DDT                                                           | µg/L                   | 0.001                               | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| dieldrin                                                          | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| endosulfán i                                                      | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| endosulfán ii                                                     | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| endosulfán sulfato                                                | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| endrin                                                            | µg/L                   | 0.004                               | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| endrin aldehido                                                   | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| heptaclordano                                                     | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| heptaclordano epoxido                                             | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| methoxychlor                                                      | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| toxaphene                                                         | µg/L                   | 0.21                                | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |

Tabla 1 Datos de la Calidad del Agua Marina y de Estuario (Enero 2008) (continuación)

|                                                                        |                        |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Cliente:                                                               | Golder Associates Ltd. | Criterios Ambientales Seleccionados | Sitios Marinos                     |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Fecha de Descarga:                                                     | 29/01/2008             |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Nombre Proyecto:                                                       | Mina de Cobre Panamá   |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Proyecto Número:                                                       | 07-1334-0018 (2120)    |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Cadena de Custodia:                                                    | 2086117                |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Muestras recibidas:                                                    | 18/01/2008             |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| ID de la Muestra<br>CANTEST ID<br>Fecha del Muestreo<br>Parámetro      | Unidades               |                                     | M1-1.5m<br>801210190<br>14/01/2008 | M2-5m<br>801210189<br>14/01/2008 | M2-10m<br>801210186<br>14/01/2008 | M2-15m<br>801210188<br>14/01/2008 | M3-1<br>801210162<br>14/01/2008 | M3-2<br>801210171<br>14/01/2008 | M3-3<br>801210172<br>14/01/2008 |
| Bifenilos Policlorados                                                 |                        |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| arochlor 1242                                                          | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| arochlor 1248                                                          | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| arochlor 1254                                                          | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| arochlor 1260                                                          | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| Total PCB                                                              | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos                                  |                        |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| naftalina                                                              | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| acenaphthylene/ acenaftileno                                           | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| quinolina                                                              | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| acenaphthene/ acenafteno                                               | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| fluorine/fluoreno                                                      | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| phenanthrene/fenantreno                                                | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| antraceno                                                              | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| acridine/acridino                                                      | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| total peso molecular bajo hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| fluoranthene/fluoranteno                                               | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| pyrene/pireno                                                          | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| benzo(a)antraceno                                                      | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| criseno                                                                | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| benzo(b)fluoranthene/fluoranteno                                       | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| benzo(k)fluoranthene/fluoranteno                                       | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| benzo(a)pireno                                                         | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| indeno(1,2,3-cd)pireno                                                 | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |

Tabla 1 Datos de la Calidad del Agua Marina y de Estuario (Enero 2008) (continuación)

|                                                                   |                        |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Cliente:                                                          | Golder Associates Ltd. | Criterios Ambientales Seleccionados | Sitios Marinos                     |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Fecha de Descarga:                                                | 29/01/2008             |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Nombre Proyecto:                                                  | Mina de Cobre Panamá   |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Proyecto Número:                                                  | 07-1334-0018 (2120)    |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Cadena de Custodia:                                               | 2086117                |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Muestras recibidas:                                               | 18/01/2008             |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| ID de la Muestra<br>CANTEST ID<br>Fecha del Muestreo<br>Parámetro | Unidades               |                                     | M1-1.5m<br>801210190<br>14/01/2008 | M2-5m<br>801210189<br>14/01/2008 | M2-10m<br>801210186<br>14/01/2008 | M2-15m<br>801210188<br>14/01/2008 | M3-1<br>801210162<br>14/01/2008 | M3-2<br>801210171<br>14/01/2008 | M3-3<br>801210172<br>14/01/2008 |
| dibenz(a,h)antraceno                                              | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| benzo(g,h,i)perylene/perileno                                     | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| total peso molecular alto-PAHs                                    | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| total PAHs                                                        | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| Compuestos Orgánicos Volátiles                                    |                        |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| benceno                                                           | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| bromodiclorometano                                                | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| bromoformo                                                        | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| bromometano                                                       | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| 2-butanone/2-butano+uno                                           | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| tetracloruro de carbono                                           | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| clorobenceno                                                      | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| cloroetano                                                        | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| cloroformo                                                        | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| clorometano                                                       | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| dibromochorometano                                                | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| 1,2-dibromoetano                                                  | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| dibromometano                                                     | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| diclorodifluorometano                                             | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| 1,2-diclorobenceno                                                | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| 1,3- diclorobenceno                                               | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| 1,4- diclorobenceno                                               | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| 1,1-dicloroetano                                                  | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| 1,2- dichloroetene/dicloeteno                                     | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |

Tabla 1 Datos de la Calidad del Agua Marina y de Estuario (Enero 2008) (continuación)

|                                                                   |                        |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Cliente:                                                          | Golder Associates Ltd. | Criterios Ambientales Seleccionados | Sitios Marinos                     |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Fecha de Descarga:                                                | 29/01/2008             |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Nombre Proyecto:                                                  | Mina de Cobre Panamá   |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Proyecto Número:                                                  | 07-1334-0018 (2120)    |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Cadena de Custodia:                                               | 2086117                |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| Muestras recibidas:                                               | 18/01/2008             |                                     |                                    |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |
| ID de la Muestra<br>CANTEST ID<br>Fecha del Muestreo<br>Parámetro | Unidades               |                                     | M1-1.5m<br>801210190<br>14/01/2008 | M2-5m<br>801210189<br>14/01/2008 | M2-10m<br>801210186<br>14/01/2008 | M2-15m<br>801210188<br>14/01/2008 | M3-1<br>801210162<br>14/01/2008 | M3-2<br>801210171<br>14/01/2008 | M3-3<br>801210172<br>14/01/2008 |
| 1,1-dichloroetene/dicloeteno                                      | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| cis-1,2- dichloroetene/dicloeteno                                 | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| trans-1,2- dichloroetene/dicloeteno                               | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| 1,2-dicloropropano                                                | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| cis-1,3-dichloropropene/ dicloropropeno                           | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| trans-1,3- dichloropropene/ dicloropropeno                        | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| benceno de etilo/etílico                                          | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| 2-hexanone/hexanono                                               | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| 4-metilo-2-pentanono                                              | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| Cloruro de metileno                                               | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| estíreno                                                          | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| 1,1,2,2-tetrachloroetane                                          | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| tetracloroethene/tetracloroteno                                   | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| tolueno                                                           | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| 1,1,1-tricloroetane                                               | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| 1,1,2-tricloroetano                                               | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| tricloroeteno                                                     | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| triclorofluorometano                                              | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| Cloruro de vinilo                                                 | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| xilenos                                                           | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |
| bromoxynil/bromoxinilo                                            | µg/L                   |                                     | -                                  | -                                | -                                 | -                                 | -                               | -                               | -                               |



Tabla 1 Datos de la Calidad del Agua Marina y de Estuario (Enero 2008) (continuación)

|                                                                   |                        |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|
| Cliente:                                                          | Golder Associates Ltd. | Criterios Ambientales Seleccionados | Fuera del Estuario del Río Petaquilla | Fuera del Estuario del Río Caimito | Fuera del Estuario del Río Coclé del Norte | Dentro del Estuario del Río Petaquilla | Dentro del Estuario del Río Caimito |                                  | Dentro del Estuario del Río Coclé del Norte | Dentro del Estuario del Río Caimito  |
| Fecha de Descarga:                                                | 29/01/2008             |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Nombre Proyecto:                                                  | Mina de Cobre Panamá   |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Proyecto Número:                                                  | 07-1334-0018 (2120)    |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Cadena de Custodia:                                               | 2086117                |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Muestras recibidas:                                               | 18/01/2008             |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| ID de la Muestra<br>CANTEST ID<br>Fecha del Muestreo<br>Parámetro | Unidades               |                                     | M4<br>801210173<br>14/01/2008         | M5<br>801210175<br>15/01/2008      | M6<br>801210178<br>15/01/2008              | ES-1<br>801210174<br>14/01/2008        | ES2-1<br>801210242<br>14/01/2008    | ES2-2<br>801210247<br>14/01/2008 | ES-3<br>801210179<br>15/01/2008             | Caimito-1<br>801210184<br>15/01/2008 |
| Parámetros Convencionales en el Agua                              |                        |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| pH, Laboratorio                                                   | Unidad pH              | 7.0-8.7                             | 8.03                                  | 8.01                               | 7.35                                       | 7.94                                   | 7.96                                | 7.93                             | 7.14                                        | -                                    |
| conductividad                                                     | uS/cm                  |                                     | 65800                                 | 62800                              | 574                                        | 60600                                  | 62500                               | 57600                            | 310                                         | -                                    |
| dureza                                                            | mg/L                   |                                     | 6450                                  | 6600                               | 60                                         | 5380                                   | 5600                                | 5190                             | 36                                          | -                                    |
| dureza (total)                                                    | mg/L                   |                                     | 5890                                  | 5500                               | 61                                         | 5860                                   | 5730                                | 2840                             | 36                                          | -                                    |
| total sólidos disueltos                                           | mg/L                   | 35000                               | 34200                                 | 33800                              | 608                                        | 29700                                  | 34200                               | 31500                            | 177                                         | -                                    |
| total sólidos en suspensión                                       | mg/L                   | 50                                  | 10                                    | 16                                 | 71                                         | 2                                      | 74                                  | 2                                | 89                                          | 79                                   |
| total alcalinidad                                                 | mg/L                   |                                     | 97.7                                  | 95.5                               | < 0.5                                      | 92.4                                   | 96.5                                | 89.8                             | 14.7                                        | -                                    |
| bicarbonato Alcalino                                              | mg/L                   |                                     | 119                                   | 116                                | 30.3                                       | 113                                    | 118                                 | 110                              | 17.9                                        | -                                    |
| carbonato alcalino                                                | mg/L                   |                                     | < 0.5                                 | < 0.5                              | 24.8                                       | < 0.5                                  | < 0.5                               | < 0.5                            | < 0.5                                       | -                                    |
| hidróxido alcalino                                                | mg/L                   |                                     | < 0.5                                 | < 0.5                              | < 0.5                                      | < 0.5                                  | < 0.5                               | < 0.5                            | < 0.5                                       | -                                    |
| fluoruro disuelto                                                 | mg/L                   | 0.75                                | < 10                                  | < 10                               | < 0.05                                     | < 10                                   | < 10                                | < 10                             | < 0.05                                      | -                                    |
| cloruro disuelto                                                  | mg/L                   |                                     | 19300                                 | 18000                              | 141                                        | 15600                                  | 19600                               | 16800                            | 72.9                                        | -                                    |
| nitrato y nitrito                                                 | mg/L                   |                                     | < 10                                  | < 10                               | < 10                                       | < 10                                   | < 10                                | < 10                             | < 10                                        | -                                    |
| nitrato disuelto                                                  | mg/L                   | 0.4                                 | < 10                                  | < 10                               | 0.17                                       | < 10                                   | < 10                                | < 10                             | 0.18                                        | -                                    |
| nitrito                                                           | mg/L                   | 0.07                                | < 0.002                               | < 0.002                            | 0.003                                      | < 0.002                                | 0.005                               | 0.003                            | 0.002                                       | -                                    |
| sulfato disuelto                                                  | mg/L                   |                                     | 2400                                  | 2130                               | 19.7                                       | 1810                                   | 2400                                | 2170                             | 10.3                                        | -                                    |
| total BOD                                                         | mg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| demanda química de oxígeno                                        | mg/L                   |                                     | 1050                                  | 2580                               | 154                                        | 1960                                   | 956                                 | 938                              | 211                                         | -                                    |
| total aceite y grasa                                              | mg/L                   | 0.5                                 | < 2                                   | < 2                                | -                                          | < 2                                    | -                                   | < 2                              | 8                                           | -                                    |
| hidrocarburo aceite y grasa                                       | mg/L                   | 0.5                                 | < 2                                   | < 2                                | -                                          | < 2                                    | -                                   | < 2                              | < 2                                         | -                                    |
| carbón orgánico disuelto                                          | mg/L                   |                                     | 1.4                                   | 1.6                                | 3                                          | 1.7                                    | 1.5                                 | < 1                              | 2.3                                         | -                                    |
| nitrógeno amoniacal                                               | mg/L                   | 0.4                                 | < 0.01                                | < 0.01                             | < 0.01                                     | < 0.01                                 | < 0.01                              | 0.03                             | < 0.01                                      | -                                    |
| nitrógeno total kjeldahl                                          | mg/L                   |                                     | < 0.2                                 | 0.4                                | 0.7                                        | 0.3                                    | < 0.2                               | < 0.2                            | 0.7                                         | -                                    |

Tabla 1 Datos de la Calidad del Agua Marina y de Estuario (Enero 2008) (continuación)

| Cliente:                                                          | Golder Associates Ltd. | Criterios Ambientales Seleccionados | Fuera del Estuario del Río Petaquilla | Fuera del Estuario del Río Caimito | Fuera del Estuario del Río Coclé del Norte | Dentro del Estuario del Río Petaquilla | Dentro del Estuario del Río Caimito |                                  | Dentro del Estuario del Río Coclé del Norte | Dentro del Estuario del Río Caimito  |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|
| Fecha de Descarga:                                                | 29/01/2008             |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Nombre Proyecto:                                                  | Mina de Cobre Panamá   |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Proyecto Número:                                                  | 07-1334-0018 (2120)    |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Cadena de Custodia:                                               | 2086117                |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Muestras recibidas:                                               | 18/01/2008             |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| ID de la Muestra<br>CANTEST ID<br>Fecha del Muestreo<br>Parámetro | Unidades               |                                     | M4<br>801210173<br>14/01/2008         | M5<br>801210175<br>15/01/2008      | M6<br>801210178<br>15/01/2008              | ES-1<br>801210174<br>14/01/2008        | ES2-1<br>801210242<br>14/01/2008    | ES2-2<br>801210247<br>14/01/2008 | ES-3<br>801210179<br>15/01/2008             | Caimito-1<br>801210184<br>15/01/2008 |
| nitrógeno Total                                                   | mg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           |                                      |
| nitrógeno total orgánico                                          | mg/L                   |                                     | < 0.2                                 | 0.4                                | 0.7                                        | 0.3                                    | < 0.2                               | < 0.2                            | 0.7                                         | -                                    |
| fenólicos totales                                                 | mg/L                   |                                     | < 0.001                               | < 0.001                            | < 0.001                                    | -                                      | < 0.001                             | < 0.001                          | < 0.001                                     | -                                    |
| cianuro total                                                     | mg/L                   | 0.001                               | < 0.01                                | < 0.01                             | < 0.01                                     | < 0.01                                 | < 0.01                              | < 0.01                           | < 0.01                                      | -                                    |
| cianuro, ácido débil disociado                                    | mg/L                   |                                     | < 0.01                                | < 0.01                             | < 0.01                                     | < 0.01                                 | < 0.01                              | < 0.01                           | < 0.01                                      | -                                    |
| Análisis de Metales en el Agua                                    |                        |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| aluminio total                                                    | mg/L                   | 0.1                                 | 0.025                                 | 0.16                               | 0.92                                       | 0.06                                   | 0.88                                | 0.068                            | 0.84                                        | -                                    |
| antimonio total                                                   | mg/L                   |                                     | < 0.001                               | < 0.001                            | < 0.001                                    | < 0.001                                | < 0.001                             | < 0.001                          | < 0.001                                     | -                                    |
| arsénico total                                                    | mg/L                   | 0.01                                | 0.009                                 | 0.008                              | < 0.001                                    | 0.009                                  | 0.008                               | 0.005                            | < 0.001                                     | -                                    |
| bario total                                                       | mg/L                   |                                     | 0.009                                 | 0.01                               | 0.031                                      | 0.021                                  | 0.015                               | 0.04                             | 0.032                                       | -                                    |
| berilio total                                                     | mg/L                   |                                     | < 0.001                               | < 0.001                            | < 0.001                                    | < 0.001                                | < 0.001                             | < 0.001                          | < 0.001                                     | -                                    |
| bismuto total                                                     | mg/L                   |                                     | < 0.001                               | < 0.001                            | < 0.001                                    | < 0.001                                | < 0.001                             | < 0.001                          | < 0.001                                     | -                                    |
| boro total                                                        | mg/L                   |                                     | 3.73                                  | 3.32                               | 0.08                                       | 3.52                                   | 3.4                                 | 1.93                             | 0.06                                        | -                                    |
| cadmio total                                                      | mg/L                   | 0.00012                             | < 0.0002                              | < 0.0002                           | < 0.0002                                   | < 0.0002                               | < 0.0002                            | < 0.0002                         | < 0.0002                                    | -                                    |
| calcio total                                                      | mg/L                   |                                     | 363                                   | 339                                | 5.67                                       | 330                                    | 343                                 | 166                              | 4.05                                        | -                                    |
| cromo total                                                       | mg/L                   | 0.05                                | 0.001                                 | 0.002                              | < 0.001                                    | < 0.001                                | 0.002                               | < 0.001                          | < 0.001                                     | -                                    |
| cobalto total                                                     | mg/L                   |                                     | < 0.001                               | < 0.001                            | < 0.001                                    | < 0.001                                | 0.001                               | < 0.001                          | < 0.001                                     | -                                    |
| cobre total                                                       | mg/L                   | 0.005                               | 0.011                                 | 0.011                              | 0.005                                      | 0.01                                   | 0.014                               | 0.005                            | 0.005                                       | -                                    |
| hierro total                                                      | mg/L                   |                                     | 0.09                                  | 0.26                               | 1.35                                       | 0.1                                    | 1.08                                | 0.24                             | 1.23                                        | -                                    |
| plomo total                                                       | mg/L                   | 0.001                               | < 0.001                               | < 0.001                            | < 0.001                                    | < 0.001                                | < 0.001                             | < 0.001                          | < 0.001                                     | -                                    |
| litio total                                                       | mg/L                   |                                     | 0.16                                  | 0.14                               | 0.002                                      | 0.14                                   | 0.14                                | 0.067                            | 0.001                                       | -                                    |
| magnesio total                                                    | mg/L                   |                                     | 1210                                  | 1130                               | 11.3                                       | 1220                                   | 1180                                | 589                              | 6.29                                        | -                                    |
| manganeso total                                                   | mg/L                   |                                     | 0.001                                 | 0.006                              | 0.067                                      | 0.062                                  | 0.021                               | 0.078                            | 0.062                                       | -                                    |
| mercurio total                                                    | mg/L                   | 0.0002                              | < 0.00002                             | < 0.00002                          | < 0.00002                                  | < 0.00002                              | < 0.00002                           | < 0.00002                        | < 0.00002                                   | -                                    |

Tabla 1 Datos de la Calidad del Agua Marina y de Estuario (Enero 2008) (continuación)

| Cliente:                                                          | Golder Associates Ltd. | Criterios Ambientales Seleccionados | Fuera del Estuario del Río Petaquilla | Fuera del Estuario del Río Caimito | Fuera del Estuario del Río Coclé del Norte | Dentro del Estuario del Río Petaquilla | Dentro del Estuario del Río Caimito |                                  | Dentro del Estuario del Río Coclé del Norte | Dentro del Estuario del Río Caimito  |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|
| Fecha de Descarga:                                                | 29/01/2008             |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Nombre Proyecto:                                                  | Mina de Cobre Panamá   |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Proyecto Número:                                                  | 07-1334-0018 (2120)    |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Cadena de Custodia:                                               | 2086117                |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Muestras recibidas:                                               | 18/01/2008             |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| ID de la Muestra<br>CANTEST ID<br>Fecha del Muestreo<br>Parámetro | Unidades               |                                     | M4<br>801210173<br>14/01/2008         | M5<br>801210175<br>15/01/2008      | M6<br>801210178<br>15/01/2008              | ES-1<br>801210174<br>14/01/2008        | ES2-1<br>801210242<br>14/01/2008    | ES2-2<br>801210247<br>14/01/2008 | ES-3<br>801210179<br>15/01/2008             | Caimito-1<br>801210184<br>15/01/2008 |
| molibdeno total                                                   | mg/L                   |                                     | 0.01                                  | 0.01                               | < 0.0005                                   | 0.0092                                 | 0.0099                              | 0.0044                           | < 0.0005                                    | -                                    |
| níquel total                                                      | mg/L                   | 0.025                               | 0.001                                 | 0.002                              | < 0.001                                    | 0.002                                  | 0.002                               | < 0.001                          | < 0.001                                     | -                                    |
| fósforo total                                                     | mg/L                   | 0.12                                | < 0.15                                | < 0.15                             | < 0.15                                     | < 0.15                                 | < 0.15                              | < 0.15                           | < 0.15                                      | -                                    |
| potasio total                                                     | mg/L                   |                                     | 346                                   | 336                                | 3.7                                        | 334                                    | 343                                 | 165                              | 2.2                                         | -                                    |
| selenio total                                                     | mg/L                   | 0.01                                | < 0.001                               | < 0.001                            | < 0.001                                    | < 0.001                                | < 0.001                             | < 0.001                          | 0.001                                       | -                                    |
| silicio total                                                     | mg/L                   |                                     | 0.5                                   | 0.6                                | 6                                          | 1.1                                    | 1.6                                 | 5.8                              | 5.7                                         | -                                    |
| plata total                                                       | mg/L                   |                                     | < 0.00025                             | < 0.00025                          | < 0.00025                                  | < 0.00025                              | < 0.00025                           | < 0.00025                        | < 0.00025                                   | -                                    |
| sodio total                                                       | mg/L                   |                                     | 8870                                  | 8020                               | 89.5                                       | 8240                                   | 8250                                | 4330                             | 46.7                                        | -                                    |
| estroncio total                                                   | mg/L                   |                                     | 7.56                                  | 7.38                               | 0.073                                      | 6.81                                   | 7.51                                | 3.47                             | 0.047                                       | -                                    |
| telurio total                                                     | mg/L                   |                                     | < 0.001                               | < 0.001                            | < 0.001                                    | < 0.001                                | < 0.001                             | < 0.001                          | < 0.001                                     | -                                    |
| total talio                                                       | mg/L                   |                                     | < 0.0001                              | < 0.0001                           | < 0.0001                                   | < 0.0001                               | < 0.0001                            | < 0.0001                         | < 0.0001                                    | -                                    |
| torio total                                                       | mg/L                   |                                     | < 0.0005                              | < 0.0005                           | < 0.0005                                   | < 0.0005                               | < 0.0005                            | < 0.0005                         | < 0.0005                                    | -                                    |
| estaño total                                                      | mg/L                   | 0.5                                 | < 0.001                               | < 0.001                            | < 0.001                                    | < 0.001                                | < 0.001                             | < 0.001                          | < 0.001                                     | -                                    |
| titanio total                                                     | mg/L                   |                                     | 0.016                                 | 0.014                              | 0.014                                      | 0.013                                  | 0.028                               | 0.003                            | 0.015                                       | -                                    |
| uranio total                                                      | mg/L                   |                                     | 0.0033                                | 0.003                              | < 0.0005                                   | 0.0028                                 | 0.0031                              | 0.0012                           | < 0.0005                                    | -                                    |
| vanadio total                                                     | mg/L                   |                                     | 0.002                                 | 0.002                              | 0.005                                      | < 0.001                                | 0.005                               | < 0.001                          | 0.005                                       | -                                    |
| zinc total                                                        | mg/L                   | 0.09                                | < 0.005                               | < 0.005                            | < 0.005                                    | < 0.005                                | < 0.005                             | < 0.005                          | < 0.005                                     | -                                    |
| circonio total                                                    | mg/L                   |                                     | < 0.01                                | < 0.01                             | < 0.01                                     | < 0.01                                 | < 0.01                              | < 0.01                           | < 0.01                                      | -                                    |
| aluminio disuelto                                                 | mg/L                   |                                     | 0.016                                 | 0.015                              | 0.067                                      | 0.015                                  | < 0.005                             | 0.031                            | 0.081                                       | -                                    |
| antimonio disuelto                                                | mg/L                   |                                     | 0.001                                 | < 0.001                            | < 0.001                                    | < 0.001                                | < 0.001                             | < 0.001                          | < 0.001                                     | -                                    |
| arsénico disuelto                                                 | mg/L                   |                                     | 0.009                                 | 0.011                              | < 0.001                                    | 0.007                                  | 0.008                               | 0.007                            | < 0.001                                     | -                                    |
| barrio disuelto                                                   | mg/L                   |                                     | 0.012                                 | 0.009                              | 0.023                                      | 0.02                                   | 0.014                               | 0.025                            | 0.023                                       | -                                    |
| berilio disuelto                                                  | mg/L                   |                                     | < 0.001                               | < 0.001                            | < 0.001                                    | < 0.001                                | < 0.001                             | < 0.001                          | < 0.001                                     | -                                    |
| bismuto disuelto                                                  | mg/L                   |                                     | < 0.001                               | < 0.001                            | < 0.001                                    | < 0.001                                | < 0.001                             | < 0.001                          | < 0.001                                     | -                                    |

Tabla 1 Datos de la Calidad del Agua Marina y de Estuario (Enero 2008) (continuación)

|                                                                   |                        |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|
| Cliente:                                                          | Golder Associates Ltd. | Criterios Ambientales Seleccionados | Fuera del Estuario del Río Petaquilla | Fuera del Estuario del Río Caimito | Fuera del Estuario del Río Coclé del Norte | Dentro del Estuario del Río Petaquilla | Dentro del Estuario del Río Caimito |                                  | Dentro del Estuario del Río Coclé del Norte | Dentro del Estuario del Río Caimito  |
| Fecha de Descarga:                                                | 29/01/2008             |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Nombre Proyecto:                                                  | Mina de Cobre Panamá   |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Proyecto Número:                                                  | 07-1334-0018 (2120)    |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Cadena de Custodia:                                               | 2086117                |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Muestras recibidas:                                               | 18/01/2008             |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| ID de la Muestra<br>CANTEST ID<br>Fecha del Muestreo<br>Parámetro | Unidades               |                                     | M4<br>801210173<br>14/01/2008         | M5<br>801210175<br>15/01/2008      | M6<br>801210178<br>15/01/2008              | ES-1<br>801210174<br>14/01/2008        | ES2-1<br>801210242<br>14/01/2008    | ES2-2<br>801210247<br>14/01/2008 | ES-3<br>801210179<br>15/01/2008             | Caimito-1<br>801210184<br>15/01/2008 |
| boro disuelto                                                     | mg/L                   |                                     | 3.5                                   | 3.76                               | 0.09                                       | 3.16                                   | 3.5                                 | 3.2                              | 0.06                                        | -                                    |
| cadmio disuelto                                                   | mg/L                   |                                     | 0.0005                                | < 0.0002                           | < 0.0002                                   | < 0.0002                               | < 0.0002                            | < 0.0002                         | < 0.0002                                    | -                                    |
| calcio disuelto                                                   | mg/L                   |                                     | 345                                   | 312                                | 5.74                                       | 296                                    | 297                                 | 281                              | 4.14                                        | -                                    |
| cromo disuelto                                                    | mg/L                   |                                     | 0.002                                 | < 0.001                            | < 0.001                                    | 0.001                                  | 0.001                               | < 0.001                          | < 0.001                                     | -                                    |
| cobalto disuelto                                                  | mg/L                   |                                     | 0.011                                 | 0.009                              | 0.012                                      | 0.012                                  | 0.009                               | 0.008                            | 0.01                                        | -                                    |
| cobre disuelto                                                    | mg/L                   |                                     | 0.013                                 | 0.009                              | 0.001                                      | 0.012                                  | 0.011                               | 0.011                            | 0.001                                       | -                                    |
| hierro disuelto                                                   | mg/L                   | 0.05                                | < 0.05                                | < 0.05                             | 0.14                                       | < 0.05                                 | < 0.05                              | < 0.05                           | 0.16                                        | -                                    |
| plomo disuelto                                                    | mg/L                   |                                     | < 0.001                               | < 0.001                            | < 0.001                                    | < 0.001                                | < 0.001                             | < 0.001                          | < 0.001                                     | -                                    |
| litio disuelto                                                    | mg/L                   |                                     | 0.15                                  | 0.16                               | 0.002                                      | 0.13                                   | 0.14                                | 0.13                             | 0.001                                       | -                                    |
| magnesio disuelto                                                 | mg/L                   |                                     | 1360                                  | 1390                               | 11                                         | 1120                                   | 1150                                | 1070                             | 6.13                                        | -                                    |
| manganeso disuelto                                                | mg/L                   |                                     | 0.021                                 | 0.014                              | 0.056                                      | 0.095                                  | 0.022                               | 0.047                            | 0.054                                       | -                                    |
| mercurio disuelto                                                 | mg/L                   |                                     | < 0.00002                             | < 0.00002                          | < 0.00002                                  | < 0.00002                              | < 0.00002                           | < 0.00002                        | < 0.00002                                   | -                                    |
| molibdeno disuelto                                                | mg/L                   |                                     | 0.012                                 | 0.0098                             | < 0.0005                                   | 0.009                                  | 0.01                                | 0.0085                           | < 0.0005                                    | -                                    |
| níquel disuelto                                                   | mg/L                   |                                     | 0.003                                 | 0.002                              | < 0.001                                    | 0.002                                  | 0.002                               | 0.002                            | < 0.001                                     | -                                    |
| fosforo disuelto                                                  | mg/L                   |                                     | < 0.15                                | < 0.15                             | < 0.15                                     | < 0.15                                 | < 0.15                              | < 0.15                           | < 0.15                                      | -                                    |
| potasio disuelto                                                  | mg/L                   |                                     | 372                                   | 385                                | 3.7                                        | 309                                    | 348                                 | 309                              | 2.3                                         | -                                    |
| selenio disuelto                                                  | mg/L                   |                                     | < 0.001                               | < 0.001                            | < 0.001                                    | < 0.001                                | < 0.001                             | < 0.001                          | < 0.001                                     | -                                    |
| silicio disuelto                                                  | mg/L                   |                                     | 0.7                                   | 0.6                                | 5                                          | 1.3                                    | 1.6                                 | 1.9                              | 4.8                                         | -                                    |
| plata disuelto                                                    | mg/L                   |                                     | 0.0009                                | < 0.00025                          | < 0.00025                                  | < 0.00025                              | < 0.00025                           | < 0.00025                        | < 0.00025                                   | -                                    |
| sodio disuelto                                                    | mg/L                   |                                     | 9230                                  | 8370                               | 90.4                                       | 7980                                   | 8010                                | 7580                             | 47.2                                        | -                                    |
| estroncio disuelto                                                | mg/L                   |                                     | 7.25                                  | 7.1                                | 0.074                                      | 6.8                                    | 7.79                                | 6.78                             | 0.047                                       | -                                    |
| telurio disuelto                                                  | mg/L                   |                                     | < 0.001                               | < 0.001                            | < 0.001                                    | < 0.001                                | < 0.001                             | < 0.001                          | < 0.001                                     | -                                    |
| talio disuelto                                                    | mg/L                   |                                     | 0.0008                                | < 0.0001                           | < 0.0001                                   | < 0.0001                               | < 0.0001                            | < 0.0001                         | < 0.0001                                    | -                                    |
| torio disuelto                                                    | mg/L                   |                                     | 0.0009                                | < 0.0005                           | < 0.0005                                   | < 0.0005                               | < 0.0005                            | < 0.0005                         | < 0.0005                                    | -                                    |

Tabla 1 Datos de la Calidad del Agua Marina y de Estuario (Enero 2008) (continuación)

|                                                                   |                        |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|
| Cliente:                                                          | Golder Associates Ltd. | Criterios Ambientales Seleccionados | Fuera del Estuario del Río Petaquilla | Fuera del Estuario del Río Caimito | Fuera del Estuario del Río Coclé del Norte | Dentro del Estuario del Río Petaquilla | Dentro del Estuario del Río Caimito |                                  | Dentro del Estuario del Río Coclé del Norte | Dentro del Estuario del Río Caimito  |
| Fecha de Descarga:                                                | 29/01/2008             |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Nombre Proyecto:                                                  | Mina de Cobre Panamá   |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Proyecto Número:                                                  | 07-1334-0018 (2120)    |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Cadena de Custodia:                                               | 2086117                |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Muestras recibidas:                                               | 18/01/2008             |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| ID de la Muestra<br>CANTEST ID<br>Fecha del Muestreo<br>Parámetro | Unidades               |                                     | M4<br>801210173<br>14/01/2008         | M5<br>801210175<br>15/01/2008      | M6<br>801210178<br>15/01/2008              | ES-1<br>801210174<br>14/01/2008        | ES2-1<br>801210242<br>14/01/2008    | ES2-2<br>801210247<br>14/01/2008 | ES-3<br>801210179<br>15/01/2008             | Caimito-1<br>801210184<br>15/01/2008 |
| estaño disuelto                                                   | mg/L                   |                                     | < 0.001                               | < 0.001                            | < 0.001                                    | < 0.001                                | < 0.001                             | < 0.001                          | < 0.001                                     | -                                    |
| titanio disuelto                                                  | mg/L                   |                                     | 0.014                                 | 0.014                              | 0.004                                      | 0.01                                   | 0.009                               | 0.007                            | 0.005                                       | -                                    |
| uranio disuelto                                                   | mg/L                   |                                     | 0.0045                                | 0.0031                             | < 0.0005                                   | 0.0026                                 | 0.0031                              | 0.0027                           | < 0.0005                                    | -                                    |
| vanadio disuelto                                                  | mg/L                   |                                     | 0.003                                 | 0.001                              | 0.001                                      | 0.001                                  | 0.001                               | < 0.001                          | 0.001                                       | -                                    |
| zinc disuelto                                                     | mg/L                   |                                     | < 0.005                               | < 0.005                            | < 0.005                                    | < 0.005                                | < 0.005                             | < 0.005                          | < 0.005                                     | -                                    |
| zirconio disuelto                                                 | mg/L                   |                                     | < 0.01                                | < 0.01                             | < 0.01                                     | < 0.01                                 | < 0.01                              | < 0.01                           | < 0.01                                      | -                                    |
| Herbicidas Ácido Clorado                                          |                        |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| 2,4-D                                                             | µg/L                   | 30                                  | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.4                               | < 0.4                            | -                                           | -                                    |
| 2,4-DB                                                            | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 1                                 | < 1                              | -                                           | -                                    |
| 2,4,5-T                                                           | µg/L                   | 10                                  | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.1                               | < 0.1                            | -                                           | -                                    |
| 2,4,5-TP                                                          | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.1                               | < 0.1                            | -                                           | -                                    |
| Dicamba                                                           | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.1                               | < 0.1                            | -                                           | -                                    |
| MCPA                                                              | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.1                               | < 0.1                            | -                                           | -                                    |
| MCP                                                               | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.1                               | < 0.1                            | -                                           | -                                    |
| Picloram                                                          | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.1                               | < 0.1                            | -                                           | -                                    |
| Hidrocarburos Volátiles Monocíclicos – Inyección Directa          |                        |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| benceno                                                           | µg/L                   | 51                                  | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.1                               | < 0.1                            | -                                           | -                                    |
| benceno de etilo/etílico                                          | µg/L                   | 25                                  | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.1                               | < 0.1                            | -                                           | -                                    |
| tolueno                                                           | µg/L                   | 215                                 | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.1                               | < 0.1                            | -                                           | -                                    |
| xilenos                                                           | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.1                               | < 0.1                            | -                                           | -                                    |
| estireno                                                          | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.1                               | < 0.1                            | -                                           | -                                    |
| Hidrocarburos Aromáticos Monocíclicos– Extracción Metanol         |                        |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| hidrocarburo volátil VHw6-10                                      | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 100                               | < 100                            | -                                           | -                                    |
| VPHw                                                              | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 100                               | < 100                            | -                                           | -                                    |



Tabla 1 Datos de la Calidad del Agua Marina y de Estuario (Enero 2008) (continuación)

|                                                                   |                        |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|
| Cliente:                                                          | Golder Associates Ltd. | Criterios Ambientales Seleccionados | Fuera del Estuario del Río Petaquilla | Fuera del Estuario del Río Caimito | Fuera del Estuario del Río Coclé del Norte | Dentro del Estuario del Río Petaquilla | Dentro del Estuario del Río Caimito |                                  | Dentro del Estuario del Río Coclé del Norte | Dentro del Estuario del Río Caimito  |
| Fecha de Descarga:                                                | 29/01/2008             |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Nombre Proyecto:                                                  | Mina de Cobre Panamá   |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Proyecto Número:                                                  | 07-1334-0018 (2120)    |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Cadena de Custodia:                                               | 2086117                |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Muestras recibidas:                                               | 18/01/2008             |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| ID de la Muestra<br>CANTEST ID<br>Fecha del Muestreo<br>Parámetro | Unidades               |                                     | M4<br>801210173<br>14/01/2008         | M5<br>801210175<br>15/01/2008      | M6<br>801210178<br>15/01/2008              | ES-1<br>801210174<br>14/01/2008        | ES2-1<br>801210242<br>14/01/2008    | ES2-2<br>801210247<br>14/01/2008 | ES-3<br>801210179<br>15/01/2008             | Caimito-1<br>801210184<br>15/01/2008 |
| Pesticidas Órganoclorado                                          |                        |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| aldrin                                                            | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.01                              | < 0.01                           | -                                           | -                                    |
| alpha-BHC                                                         | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.02                              | < 0.02                           | -                                           | -                                    |
| beta-BHC                                                          | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.03                              | < 0.03                           | -                                           | -                                    |
| delta-BHC                                                         | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.01                              | < 0.01                           | -                                           | -                                    |
| gamma-BHC (Lindano)                                               | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.01                              | < 0.01                           | -                                           | -                                    |
| alpha-Clordano                                                    | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.01                              | < 0.01                           | -                                           | -                                    |
| gamma-Clordano                                                    | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.01                              | < 0.01                           | -                                           | -                                    |
| o,p-DDD                                                           | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.01                              | < 0.01                           | -                                           | -                                    |
| p,p-DDD                                                           | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.03                              | < 0.03                           | -                                           | -                                    |
| o,p-DDE                                                           | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.01                              | < 0.01                           | -                                           | -                                    |
| p,p-DDE                                                           | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.01                              | < 0.01                           | -                                           | -                                    |
| o,p-DDT                                                           | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.01                              | < 0.01                           | -                                           | -                                    |
| p,p-DDT                                                           | µg/L                   | 0.001                               | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.01                              | < 0.01                           | -                                           | -                                    |
| dieldrin                                                          | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.02                              | < 0.02                           | -                                           | -                                    |
| endosulfán i                                                      | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.01                              | < 0.01                           | -                                           | -                                    |
| endosulfán ii                                                     | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.02                              | < 0.02                           | -                                           | -                                    |
| endosulfán sulfato                                                | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.02                              | < 0.02                           | -                                           | -                                    |
| endrin                                                            | µg/L                   | 0.004                               | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.02                              | < 0.02                           | -                                           | -                                    |
| endrin aldehido                                                   | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.05                              | < 0.05                           | -                                           | -                                    |
| heptaclordano                                                     | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.02                              | < 0.02                           | -                                           | -                                    |
| heptaclordano epoxido                                             | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.01                              | < 0.01                           | -                                           | -                                    |
| methoxychlor                                                      | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.04                              | < 0.04                           | -                                           | -                                    |
| toxaphene                                                         | µg/L                   | 0.21                                | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.08                              | < 0.08                           | -                                           | -                                    |

Tabla 1 Datos de la Calidad del Agua Marina y de Estuario (Enero 2008) (continuación)

| Cliente:                                                               | Golder Associates Ltd. | Criterios Ambientales Seleccionados | Fuera del Estuario del Río Petaquilla | Fuera del Estuario del Río Caimito | Fuera del Estuario del Río Coclé del Norte | Dentro del Estuario del Río Petaquilla | Dentro del Estuario del Río Caimito |                                  | Dentro del Estuario del Río Coclé del Norte | Dentro del Estuario del Río Caimito  |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|
| Fecha de Descarga:                                                     | 29/01/2008             |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Nombre Proyecto:                                                       | Mina de Cobre Panamá   |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Proyecto Número:                                                       | 07-1334-0018 (2120)    |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Cadena de Custodia:                                                    | 2086117                |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Muestras recibidas:                                                    | 18/01/2008             |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| ID de la Muestra<br>CANTEST ID<br>Fecha del Muestreo<br>Parámetro      | Unidades               |                                     | M4<br>801210173<br>14/01/2008         | M5<br>801210175<br>15/01/2008      | M6<br>801210178<br>15/01/2008              | ES-1<br>801210174<br>14/01/2008        | ES2-1<br>801210242<br>14/01/2008    | ES2-2<br>801210247<br>14/01/2008 | ES-3<br>801210179<br>15/01/2008             | Caimito-1<br>801210184<br>15/01/2008 |
| Bifenilos Policlorados                                                 |                        |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| arochlor 1242                                                          | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.1                               | < 0.1                            | -                                           | -                                    |
| arochlor 1248                                                          | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.1                               | < 0.1                            | -                                           | -                                    |
| arochlor 1254                                                          | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.1                               | < 0.1                            | -                                           | -                                    |
| arochlor 1260                                                          | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.1                               | < 0.1                            | -                                           | -                                    |
| Total PCB                                                              | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.4                               | < 0.4                            | -                                           | -                                    |
| Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos                                  |                        |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| naftalina                                                              | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.3                               | < 0.6                            | -                                           | -                                    |
| acenaphthylene/ acenaftileno                                           | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.1                               | < 0.2                            | -                                           | -                                    |
| quinolina                                                              | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.5                               | < 1                              | -                                           | -                                    |
| acenaphthene/ acenafteno                                               | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.1                               | < 0.2                            | -                                           | -                                    |
| fluorine/fluoreno                                                      | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.05                              | < 0.1                            | -                                           | -                                    |
| phenanthrene/fenantreno                                                | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.05                              | < 0.1                            | -                                           | -                                    |
| antraceno                                                              | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.01                              | < 0.02                           | -                                           | -                                    |
| acridine/acridino                                                      | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.05                              | < 0.1                            | -                                           | -                                    |
| total peso molecular bajo hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| fluoranthene/fluoranteno                                               | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.04                              | < 0.08                           | -                                           | -                                    |
| pyrene/pireno                                                          | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.02                              | < 0.04                           | -                                           | -                                    |
| benzo(a)antraceno                                                      | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.01                              | < 0.02                           | -                                           | -                                    |
| criseno                                                                | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.01                              | < 0.02                           | -                                           | -                                    |
| benzo(b)fluoranthene/fluoranteno                                       | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.01                              | < 0.02                           | -                                           | -                                    |
| benzo(k)fluoranthene/fluoranteno                                       | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| benzo(a)pireno                                                         | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.01                              | < 0.02                           | -                                           | -                                    |

Tabla 1 Datos de la Calidad del Agua Marina y de Estuario (Enero 2008) (continuación)

|                                                                   |                        |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|
| Cliente:                                                          | Golder Associates Ltd. | Criterios Ambientales Seleccionados | Fuera del Estuario del Río Petaquilla | Fuera del Estuario del Río Caimito | Fuera del Estuario del Río Coclé del Norte | Dentro del Estuario del Río Petaquilla | Dentro del Estuario del Río Caimito |                                  | Dentro del Estuario del Río Coclé del Norte | Dentro del Estuario del Río Caimito  |
| Fecha de Descarga:                                                | 29/01/2008             |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Nombre Proyecto:                                                  | Mina de Cobre Panamá   |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Proyecto Número:                                                  | 07-1334-0018 (2120)    |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Cadena de Custodia:                                               | 2086117                |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Muestras recibidas:                                               | 18/01/2008             |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| ID de la Muestra<br>CANTEST ID<br>Fecha del Muestreo<br>Parámetro | Unidades               |                                     | M4<br>801210173<br>14/01/2008         | M5<br>801210175<br>15/01/2008      | M6<br>801210178<br>15/01/2008              | ES-1<br>801210174<br>14/01/2008        | ES2-1<br>801210242<br>14/01/2008    | ES2-2<br>801210247<br>14/01/2008 | ES-3<br>801210179<br>15/01/2008             | Caimito-1<br>801210184<br>15/01/2008 |
| indeno(1,2,3-cd)pireno                                            | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.01                              | < 0.02                           | -                                           | -                                    |
| dibenz(a,h)antraceno                                              | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.01                              | < 0.02                           | -                                           | -                                    |
| benzo(g,h,i)perylene/perileno                                     | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.01                              | < 0.02                           | -                                           | -                                    |
| total peso molecular alto-PAHs                                    | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| total PAHs                                                        | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| Compuestos Orgánicos Volátiles                                    |                        |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| benceno                                                           | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| bromodiclorometano                                                | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| bromoformo                                                        | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| bromometano                                                       | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| 2-butanone/2-butano+uno                                           | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| tetracloruro de carbono                                           | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| clorobenceno                                                      | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| cloroetano                                                        | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| cloroformo                                                        | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| clorometano                                                       | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| dibromochorometano                                                | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| 1,2-dibromoetano                                                  | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| dibromometano                                                     | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| diclorodifluorometano                                             | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| 1,2-diclorobenceno                                                | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| 1,3- diclorobenceno                                               | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| 1,4- diclorobenceno                                               | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| 1,1-dicloroetano                                                  | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |

Tabla 1 Datos de la Calidad del Agua Marina y de Estuario (Enero 2008) (continuación)

|                                                                   |                        |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|
| Cliente:                                                          | Golder Associates Ltd. | Criterios Ambientales Seleccionados | Fuera del Estuario del Río Petaquilla | Fuera del Estuario del Río Caimito | Fuera del Estuario del Río Coclé del Norte | Dentro del Estuario del Río Petaquilla | Dentro del Estuario del Río Caimito |                                  | Dentro del Estuario del Río Coclé del Norte | Dentro del Estuario del Río Caimito  |
| Fecha de Descarga:                                                | 29/01/2008             |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Nombre Proyecto:                                                  | Mina de Cobre Panamá   |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Proyecto Número:                                                  | 07-1334-0018 (2120)    |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Cadena de Custodia:                                               | 2086117                |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| Muestras recibidas:                                               | 18/01/2008             |                                     |                                       |                                    |                                            |                                        |                                     |                                  |                                             |                                      |
| ID de la Muestra<br>CANTEST ID<br>Fecha del Muestreo<br>Parámetro | Unidades               |                                     | M4<br>801210173<br>14/01/2008         | M5<br>801210175<br>15/01/2008      | M6<br>801210178<br>15/01/2008              | ES-1<br>801210174<br>14/01/2008        | ES2-1<br>801210242<br>14/01/2008    | ES2-2<br>801210247<br>14/01/2008 | ES-3<br>801210179<br>15/01/2008             | Caimito-1<br>801210184<br>15/01/2008 |
| 1,2- dichloroetene/dicloeteno                                     | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| 1,1-dichloroetene/dicloeteno                                      | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| cis-1,2- dichloroetene/dicloeteno                                 | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| trans-1,2- dichloroetene/dicloeteno                               | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| 1,2-dicloropropano                                                | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| cis-1,3-dichloropropene/ dicloropropeno                           | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| trans-1,3- dichloropropene/ dicloropropeno                        | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| benceno de etilo/etílico                                          | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| 2-hexanone/hexanono                                               | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| 4-metilo-2-pentanono                                              | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| Cloruro de metileno                                               | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| estíreno                                                          | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| 1,1,2,2-tetrachloroetane                                          | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| tetracloroethene/tetracloeteno                                    | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| tolueno                                                           | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| 1,1,1-tricloroetane                                               | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| 1,1,2-tricloroetano                                               | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| tricloroeteno                                                     | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| triclorofluorometano                                              | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| Cloruro de vinilo                                                 | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| xilenos                                                           | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | -                                   | -                                | -                                           | -                                    |
| bromoxynil/bromoxinilo                                            | µg/L                   |                                     | -                                     | -                                  | -                                          | -                                      | < 0.02                              | < 0.02                           | -                                           | -                                    |

Notas: µg/L = microgramos por litro; µS/cm = micro Siemens por centímetro; m = metro; mg/L = miligramos por litro; < = menor que; > = mayor que; - = sin medir. Los valores en negrilla y sombreados son mayores que los del criterio ambiental seleccionado (Sección 3.4.5 del EIAS).

Table 2      Datos de la Calidad del Agua Marina y de Estuario (Junio 2008)

|                                                                  |                        |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
|------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Cliente:                                                         | Golder Associates Ltd. | Criterio Ambiental<br>Seleccionado | Sitios Marinos                |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| Fecha de Descarga:                                               | 09/07/2008             |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| Proyecto Nombre:                                                 | Mina de Cobre Panamá   |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| Proyecto Número                                                  | 07-1334-0018-2120      |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| Muestras recibidas:                                              | 27/06/2008             |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| ID de la Muestra<br>CANTEST ID<br>Fecha de Muestreo<br>Parámetro | Unidades               |                                    | M1<br>806260234<br>18/06/2008 | M2-1<br>806260326<br>18/06/2008 | M2-2<br>806260328<br>18/06/2008 | M2-3<br>806260329<br>18/06/2008 | M3-1<br>806260330<br>19/06/2008 | M3-2<br>806260331<br>19/06/2008 | M3-3<br>806260332<br>19/06/2008 |
| Parámetros Convencionales en el Agua                             |                        |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| pH, Laboratorio                                                  | pH units               | 7.0-8.7                            | 8.01                          | 7.3                             | 8.09                            | 8.12                            | 8.13                            | 8.12                            | 8.1                             |
| conductividad                                                    | µS/cm                  | -                                  | 70000                         | 67900                           | 67600                           | 68400                           | 67200                           | 69100                           | 68100                           |
| dureza                                                           | mg/L                   | -                                  | 5540                          | 5900                            | 5990                            | 6990                            | 5880                            | 6580                            | 5910                            |
| dureza (total)                                                   | mg/L                   | -                                  | 5520                          | 5650                            | 6170                            | 5780                            | 6470                            | 6350                            | 6650                            |
| total sólidos disueltos                                          | mg/L                   | 35,000                             | 33000                         | 33100                           | 37000                           | 31500                           | 31400                           | 31300                           | 31800                           |
| total sólidos en suspensión                                      | mg/L                   | 50                                 | 6                             | 4                               | 3                               | 3                               | 4                               | 3                               | 3                               |
| total alcalinidad                                                | mg/L                   | -                                  | 105                           | 107                             | 108                             | 108                             | 106                             | 106                             | 106                             |
| bicarbonato Alcalino                                             | mg/L                   | -                                  | 128                           | 131                             | 132                             | 132                             | 130                             | 129                             | 129                             |
| carbonato alcalino                                               | mg/L                   | -                                  | < 0.5                         | < 0.5                           | < 0.5                           | < 0.5                           | < 0.5                           | < 0.5                           | < 0.5                           |
| hidróxido alcalino                                               | mg/L                   | -                                  | < 0.5                         | < 0.5                           | < 0.5                           | < 0.5                           | < 0.5                           | < 0.5                           | < 0.5                           |
| fluoruro disuelto                                                | mg/L                   | 0.75                               | < 10                          | < 10                            | < 10                            | < 10                            | < 10                            | < 10                            | < 10                            |
| Cloruro disuelto                                                 | mg/L                   |                                    | 20300                         | 20100                           | 20200                           | 20600                           | 20200                           | 20400                           | 21300                           |
| nitrato y nitrito                                                | mg/L                   | -                                  | < 10                          | < 10                            | < 10                            | < 10                            | < 10                            | < 10                            | < 10                            |
| nitrato disuelto                                                 | mg/L                   | 0.4                                | < 10                          | < 10                            | < 10                            | < 10                            | < 10                            | < 10                            | < 10                            |
| nitrito                                                          | mg/L                   | 0.07                               | < 0.002                       | < 0.002                         | < 0.002                         | < 0.002                         | < 0.002                         | < 0.002                         | < 0.002                         |
| sulfato disuelto                                                 | mg/L                   |                                    | 2790                          | 2780                            | 2780                            | 2880                            | 2800                            | 2830                            | 3000                            |
| total BOD                                                        | mg/L                   |                                    | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| demanda química de oxígeno                                       | mg/L                   | -                                  | 1130                          | 1080                            | < 25                            | 1700                            | 313                             | 346                             | 457                             |
| total aceite y grasa                                             | mg/L                   | 0.5                                | 2                             | < 2                             | 4                               | 4                               | 2                               | < 2                             | 4                               |
| hidrocarburo aceite y grasa                                      | mg/L                   | 0.5                                | < 2                           | < 2                             | < 2                             | < 2                             | < 2                             | < 2                             | < 2                             |
| carbón orgánico disuelto                                         | mg/L                   | -                                  | 1.4                           | 5.8                             | 2.4                             | 1.6                             | 1.2                             | 2                               | < 1                             |
| nitrógeno amoniacal                                              | mg/L                   | 0.04                               | 0.04                          | 0.04                            | 0.2                             | 0.04                            | 0.03                            | 0.03                            | 0.05                            |
| nitrógeno total Kjeldahl                                         | mg/L                   | -                                  | < 0.2                         | 0.3                             | 0.3                             | 0.3                             | < 0.2                           | < 0.2                           | 0.3                             |
| nitrógeno total                                                  | mg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| Nitrógeno total orgánico                                         | mg/L                   | -                                  | < 0.2                         | 0.3                             | 0.3                             | 0.3                             | < 0.2                           | < 0.2                           | 0.2                             |



Tabla 2 Datos de la Calidad del Agua Marina y de Estuario (Junio 2008) (continuación)

|                                                                  |                        |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
|------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Cliente:                                                         | Golder Associates Ltd. | Criterio Ambiental<br>Seleccionado | Sitios Marinos                |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| Fecha de Descarga:                                               | 09/07/2008             |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| Proyecto Nombre:                                                 | Mina de Cobre Panamá   |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| Proyecto Número                                                  | 07-1334-0018-2120      |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| Muestras recibidas:                                              | 27/06/2008             |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| ID de la Muestra<br>CANTEST ID<br>Fecha de Muestreo<br>Parámetro | Unidades               |                                    | M1<br>806260234<br>18/06/2008 | M2-1<br>806260326<br>18/06/2008 | M2-2<br>806260328<br>18/06/2008 | M2-3<br>806260329<br>18/06/2008 | M3-1<br>806260330<br>19/06/2008 | M3-2<br>806260331<br>19/06/2008 | M3-3<br>806260332<br>19/06/2008 |
| fenólicos totales                                                | mg/L                   |                                    | < 0.001                       | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |
| cianuro total                                                    | mg/L                   | 0.001                              | < 0.01                        | < 0.01                          | < 0.01                          | < 0.01                          | < 0.01                          | < 0.01                          | < 0.01                          |
| cianuro, ácido débil disociado                                   | mg/L                   | -                                  | < 0.01                        | < 0.01                          | < 0.01                          | < 0.01                          | < 0.01                          | < 0.01                          | < 0.01                          |
| Análisis de Metales en el Agua                                   |                        |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| aluminio total                                                   | mg/L                   | 0.1                                | 0.051                         | 0.02                            | 0.024                           | 0.025                           | 0.012                           | 0.01                            | 0.011                           |
| antimonio total                                                  | mg/L                   | -                                  | < 0.001                       | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |
| arsénico total                                                   | mg/L                   | 0.01                               | 0.011                         | 0.009                           | 0.01                            | 0.008                           | 0.007                           | 0.007                           | 0.007                           |
| bario total                                                      | mg/L                   | -                                  | 0.008                         | 0.008                           | 0.009                           | 0.008                           | 0.008                           | 0.008                           | 0.008                           |
| berilio total                                                    | mg/L                   |                                    | < 0.001                       | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |
| bismuto total                                                    | mg/L                   | -                                  | < 0.001                       | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |
| boro total                                                       | mg/L                   |                                    | 3.21                          | 2.62                            | 2.78                            | 2.08                            | 1.77                            | 1.53                            | 1.4                             |
| cadmio total                                                     | mg/L                   | 0.00012                            | < 0.0002                      | < 0.0002                        | < 0.0002                        | < 0.0002                        | < 0.0002                        | < 0.0002                        | < 0.0002                        |
| calcio total                                                     | mg/L                   | -                                  | 374                           | 377                             | 419                             | 377                             | 386                             | 376                             | 379                             |
| calcio total                                                     | mg/L                   | -                                  | 397                           | 399                             | 395                             | 397                             | 392                             | 388                             | 387                             |
| cromo total                                                      | mg/L                   | 0.05                               | < 0.001                       | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |
| cobalto total                                                    | mg/L                   |                                    | 0.001                         | 0.001                           | 0.001                           | 0.001                           | 0.001                           | 0.001                           | 0.001                           |
| cobre total                                                      | mg/L                   | 0.005                              | 0.013                         | 0.015                           | 0.017                           | 0.014                           | 0.016                           | 0.014                           | 0.016                           |
| hierro total                                                     | mg/L                   |                                    | < 0.05                        | < 0.05                          | < 0.05                          | < 0.05                          | < 0.05                          | < 0.05                          | < 0.05                          |
| plomo total                                                      | mg/L                   | 0.001                              | < 0.001                       | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |
| litio total                                                      | mg/L                   | -                                  | 0.18                          | 0.17                            | 0.19                            | 0.17                            | 0.16                            | 0.16                            | 0.15                            |
| magnesio total                                                   | mg/L                   | -                                  | 1250                          | 1250                            | 1240                            | 1250                            | 1230                            | 1220                            | 1220                            |
| manganeso total                                                  | mg/L                   |                                    | 0.002                         | < 0.001                         | 0.12                            | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |
| mercurio total                                                   | mg/L                   | 0.0002                             | < 0.00002                     | < 0.00002                       | < 0.00002                       | < 0.00002                       | < 0.00002                       | < 0.00002                       | < 0.00002                       |
| molibdeno total                                                  | mg/L                   |                                    | 0.012                         | 0.012                           | 0.013                           | 0.012                           | 0.012                           | 0.012                           | 0.011                           |
| níquel total                                                     | mg/L                   | 0.025                              | 0.002                         | 0.002                           | 0.002                           | 0.002                           | 0.002                           | 0.001                           | 0.001                           |
| fósforo total                                                    | mg/L                   |                                    | < 0.15                        | < 0.15                          | < 0.15                          | < 0.15                          | < 0.15                          | < 0.15                          | < 0.15                          |

Tabla 2      Datos de la Calidad del Agua Marina y de Estuario (Junio 2008) (continuación)

| Cliente:                                                         | Golder Associates Ltd. | Criterio Ambiental<br>Seleccionado | Sitios Marinos                |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
|------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Fecha de Descarga:                                               | 09/07/2008             |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| Proyecto Nombre:                                                 | Mina de Cobre Panamá   |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| Proyecto Número                                                  | 07-1334-0018-2120      |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| Muestras recibidas:                                              | 27/06/2008             |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| ID de la Muestra<br>CANTEST ID<br>Fecha de Muestreo<br>Parámetro | Unidades               |                                    | M1<br>806260234<br>18/06/2008 | M2-1<br>806260326<br>18/06/2008 | M2-2<br>806260328<br>18/06/2008 | M2-3<br>806260329<br>18/06/2008 | M3-1<br>806260330<br>19/06/2008 | M3-2<br>806260331<br>19/06/2008 | M3-3<br>806260332<br>19/06/2008 |
| potasio total                                                    | mg/L                   | -                                  | 360                           | 354                             | 352                             | 361                             | 358                             | 354                             | 355                             |
| selenio total                                                    | mg/L                   | 0.001                              | 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |
| silicio total                                                    | mg/L                   | -                                  | 0.3                           | 0.4                             | 0.3                             | 0.4                             | 0.5                             | 0.4                             | 0.5                             |
| plata total                                                      | mg/L                   |                                    | < 0.00025                     | < 0.00025                       | < 0.00025                       | < 0.00025                       | < 0.00025                       | < 0.00025                       | < 0.00025                       |
| sodio total                                                      | mg/L                   | -                                  | 9680                          | 9660                            | 9570                            | 9680                            | 9530                            | 9390                            | 9440                            |
| estroncio total                                                  | mg/L                   | -                                  | 8.05                          | 8.02                            | 8.87                            | 7.89                            | 8.07                            | 7.89                            | 7.84                            |
| telurio total                                                    | mg/L                   | -                                  | < 0.001                       | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |
| talio total                                                      | mg/L                   | -                                  | < 0.0001                      | < 0.0001                        | < 0.0001                        | < 0.0001                        | < 0.0001                        | < 0.0001                        | < 0.0001                        |
| torio total                                                      | mg/L                   | -                                  | < 0.0005                      | < 0.0005                        | < 0.0005                        | < 0.0005                        | < 0.0005                        | < 0.0005                        | < 0.0005                        |
| estaño total                                                     | mg/L                   | -0.5                               | < 0.001                       | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |
| titanio total                                                    | mg/L                   | -                                  | 0.003                         | 0.002                           | 0.002                           | 0.002                           | 0.002                           | 0.002                           | 0.001                           |
| uranio total                                                     | mg/L                   |                                    | 0.0022                        | 0.0021                          | 0.0023                          | 0.0021                          | 0.002                           | 0.0022                          | 0.0021                          |
| vanadio total                                                    | mg/L                   |                                    | 0.002                         | 0.002                           | 0.002                           | 0.002                           | 0.002                           | 0.002                           | 0.002                           |
| zinc total                                                       | mg/L                   | 0.09                               | < 0.005                       | < 0.005                         | < 0.005                         | < 0.005                         | < 0.005                         | < 0.005                         | < 0.005                         |
| zirconio total                                                   | mg/L                   | -                                  | < 0.01                        | < 0.01                          | < 0.01                          | < 0.01                          | < 0.01                          | < 0.01                          | < 0.01                          |
| aluminio disuelto                                                | mg/L                   | -                                  | 0.009                         | 0.008                           | < 0.005                         | 0.007                           | 0.017                           | 0.006                           | 0.007                           |
| antimonio disuelto                                               | mg/L                   | -                                  | < 0.001                       | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |
| arsénico disuelto                                                | mg/L                   | -                                  | 0.01                          | 0.009                           | 0.01                            | 0.008                           | 0.009                           | 0.008                           | 0.008                           |
| bario disuelto                                                   | mg/L                   | -                                  | 0.008                         | 0.008                           | 0.007                           | 0.008                           | 0.008                           | 0.008                           | 0.007                           |
| berilio disuelto                                                 | mg/L                   | -                                  | < 0.001                       | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |
| bismuto disuelto                                                 | mg/L                   | -                                  | < 0.001                       | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |
| boro disuelto                                                    | mg/L                   | -                                  | 3.26                          | 2.75                            | 2.47                            | 1.64                            | 2.21                            | 1.64                            | 1.84                            |
| cadmio disuelto                                                  | mg/L                   | -                                  | < 0.0002                      | < 0.0002                        | < 0.0002                        | < 0.0002                        | < 0.0002                        | < 0.0002                        | < 0.0002                        |
| calcio disuelto                                                  | mg/L                   | -                                  | 396                           | 394                             | 404                             | 403                             | 398                             | 392                             | 390                             |
| cromo disuelto                                                   | mg/L                   | -                                  | < 0.001                       | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | 0.001                           | < 0.001                         |
| cobalto disuelto                                                 | mg/L                   | -                                  | 0.003                         | 0.005                           | 0.001                           | 0.004                           | 0.003                           | 0.004                           | 0.002                           |



Tabla 2      Datos de la Calidad del Agua Marina y de Estuario (Junio 2008) (continuación)

|                                                                  |                        |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
|------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Cliente:                                                         | Golder Associates Ltd. | Criterio Ambiental<br>Seleccionado | Sitios Marinos                |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| Fecha de Descarga:                                               | 09/07/2008             |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| Proyecto Nombre:                                                 | Mina de Cobre Panamá   |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| Proyecto Número                                                  | 07-1334-0018-2120      |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| Muestras recibidas:                                              | 27/06/2008             |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| ID de la Muestra<br>CANTEST ID<br>Fecha de Muestreo<br>Parámetro | Unidades               |                                    | M1<br>806260234<br>18/06/2008 | M2-1<br>806260326<br>18/06/2008 | M2-2<br>806260328<br>18/06/2008 | M2-3<br>806260329<br>18/06/2008 | M3-1<br>806260330<br>19/06/2008 | M3-2<br>806260331<br>19/06/2008 | M3-3<br>806260332<br>19/06/2008 |
| cobre disuelto                                                   | mg/L                   | -                                  | 0.013                         | 0.015                           | 0.016                           | 0.015                           | 0.016                           | 0.017                           | 0.014                           |
| hierro disuelto                                                  | mg/L                   | 0.05                               | < 0.05                        | < 0.05                          | < 0.05                          | < 0.05                          | < 0.05                          | < 0.05                          | < 0.05                          |
| plomo disuelto                                                   | mg/L                   | -                                  | < 0.001                       | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |
| litio disuelto                                                   | mg/L                   | -                                  | 0.19                          | 0.18                            | 0.17                            | 0.16                            | 0.17                            | 0.15                            | 0.16                            |
| magnesio disuelto                                                | mg/L                   | -                                  | 1240                          | 1240                            | 1270                            | 1270                            | 1250                            | 1230                            | 1230                            |
| manganeso disuelto                                               | mg/L                   | -                                  | 0.004                         | 0.008                           | 0.001                           | 0.007                           | 0.004                           | 0.005                           | 0.003                           |
| mercurio disuelto                                                | mg/L                   | -                                  | < 0.00002                     | < 0.00002                       | < 0.00002                       | < 0.00002                       | < 0.00002                       | < 0.00002                       | < 0.00002                       |
| molibdeno disuelto                                               | mg/L                   | -                                  | 0.012                         | 0.012                           | 0.012                           | 0.013                           | 0.012                           | 0.012                           | 0.011                           |
| níquel disuelto                                                  | mg/L                   | -                                  | 0.002                         | 0.002                           | 0.002                           | 0.002                           | 0.002                           | 0.002                           | 0.002                           |
| fosforo disuelto                                                 | mg/L                   | -                                  | < 0.15                        | < 0.15                          | < 0.15                          | < 0.15                          | < 0.15                          | < 0.15                          | < 0.15                          |
| potasio disuelto                                                 | mg/L                   | -                                  | 360                           | 358                             | 354                             | 359                             | 364                             | 352                             | 359                             |
| selenio disuelto                                                 | mg/L                   | -                                  | < 0.001                       | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |
| silicio disuelto                                                 | mg/L                   | -                                  | 0.3                           | 0.3                             | 0.3                             | 0.5                             | 0.4                             | 0.5                             | 0.4                             |
| plata disuelto                                                   | mg/L                   | -                                  | < 0.00025                     | < 0.00025                       | < 0.00025                       | < 0.00025                       | < 0.00025                       | < 0.00025                       | < 0.00025                       |
| sodio disuelto                                                   | mg/L                   | -                                  | 9650                          | 9560                            | 9810                            | 9780                            | 9610                            | 9570                            | 9510                            |
| estroncio disuelto                                               | mg/L                   | -                                  | 8.48                          | 8.61                            | 8.36                            | 8.62                            | 8.04                            | 8.01                            | 7.82                            |
| telurio disuelto                                                 | mg/L                   | -                                  | < 0.001                       | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |
| talio disuelto                                                   | mg/L                   | -                                  | < 0.0001                      | < 0.0001                        | < 0.0001                        | < 0.0001                        | < 0.0001                        | < 0.0001                        | < 0.0001                        |
| torio disuelto                                                   | mg/L                   | -                                  | < 0.0005                      | < 0.0005                        | < 0.0005                        | < 0.0005                        | < 0.0005                        | < 0.0005                        | < 0.0005                        |
| estaño disuelto                                                  | mg/L                   | -                                  | < 0.001                       | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         | < 0.001                         |
| titanio disuelto                                                 | mg/L                   | -                                  | 0.002                         | 0.002                           | 0.002                           | 0.002                           | 0.001                           | 0.002                           | 0.001                           |
| uranio disuelto                                                  | mg/L                   | -                                  | 0.0022                        | 0.0023                          | 0.0021                          | 0.0023                          | 0.0021                          | 0.0021                          | 0.0022                          |
| vanadio disuelto                                                 | mg/L                   | -                                  | 0.002                         | 0.002                           | 0.002                           | 0.002                           | 0.002                           | 0.002                           | 0.002                           |
| zinc disuelto                                                    | mg/L                   | -                                  | < 0.005                       | < 0.005                         | < 0.005                         | < 0.005                         | < 0.005                         | < 0.005                         | 0.01                            |
| zirconio disuelto                                                | mg/L                   | -                                  | < 0.01                        | < 0.01                          | < 0.01                          | < 0.01                          | < 0.01                          | < 0.01                          | < 0.01                          |

Tabla 2 Datos de la Calidad del Agua Marina y de Estuario (Junio 2008) (continuación)

|                                                                  |                        |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
|------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Cliente:                                                         | Golder Associates Ltd. | Criterio Ambiental<br>Seleccionado | Sitios Marinos                |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| Fecha de Descarga:                                               | 09/07/2008             |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| Proyecto Nombre:                                                 | Mina de Cobre Panamá   |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| Proyecto Número                                                  | 07-1334-0018-2120      |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| Muestras recibidas:                                              | 27/06/2008             |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| ID de la Muestra<br>CANTEST ID<br>Fecha de Muestreo<br>Parámetro | Unidades               |                                    | M1<br>806260234<br>18/06/2008 | M2-1<br>806260326<br>18/06/2008 | M2-2<br>806260328<br>18/06/2008 | M2-3<br>806260329<br>18/06/2008 | M3-1<br>806260330<br>19/06/2008 | M3-2<br>806260331<br>19/06/2008 | M3-3<br>806260332<br>19/06/2008 |
| Herbicidas Ácido Clorado                                         |                        |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| bromoxynil/bromoxinilo                                           | µg/L                   | 30                                 | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| 2,4-D                                                            | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| 2,4-DB                                                           | µg/L                   | 10                                 | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| 2,4,5-T                                                          | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| 2,4,5-TP                                                         | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| dicamba                                                          | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| MCPA                                                             | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| MCPP                                                             | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| picloram                                                         | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| Hidrocarburos Volátiles Monocíclicos – Inyección Directa         |                        |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| benceno                                                          | µg/L                   | 51                                 | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| benceno de etilo/etílico                                         | µg/L                   | 25                                 | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| tolueno                                                          | µg/L                   | 215                                | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| xilenos                                                          | µg/L                   |                                    | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| estíreno                                                         | µg/L                   |                                    | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| Hidrocarburos Aromáticos Monocíclicos-Extracción Metanol         |                        |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| hidrocarburos volátiles VHw6-10                                  | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| VPHw                                                             | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| Pesticidas Organoclorado                                         |                        |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| aldrin                                                           | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| alpha-BHC                                                        | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| beta-BHC                                                         | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| delta-BHC                                                        | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| gamma-BHC (Lindano)                                              | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| alpha-Clordano                                                   | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |

Tabla 2 Datos de la Calidad del Agua Marina y de Estuario (Junio 2008) (continuación)

| Cliente:                                                         | Golder Associates Ltd. | Criterio Ambiental<br>Seleccionado | Sitios Marinos                |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
|------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Fecha de Descarga:                                               | 09/07/2008             |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| Proyecto Nombre:                                                 | Mina de Cobre Panamá   |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| Proyecto Número                                                  | 07-1334-0018-2120      |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| Muestras recibidas:                                              | 27/06/2008             |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| ID de la Muestra<br>CANTEST ID<br>Fecha de Muestreo<br>Parámetro | Unidades               |                                    | M1<br>806260234<br>18/06/2008 | M2-1<br>806260326<br>18/06/2008 | M2-2<br>806260328<br>18/06/2008 | M2-3<br>806260329<br>18/06/2008 | M3-1<br>806260330<br>19/06/2008 | M3-2<br>806260331<br>19/06/2008 | M3-3<br>806260332<br>19/06/2008 |
| gamma-Clordano                                                   | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| o,p-DDD                                                          | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| p,p-DDD                                                          | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| o,p-DDE                                                          | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| p,p-DDE                                                          | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| o,p-DDT                                                          | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| p,p-DDT                                                          | µg/L                   | 0.001                              | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| dieldrin                                                         | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| endosulfan i                                                     | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| endosulfan ii                                                    | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| endosulfan sulfato                                               | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| endrin                                                           | µg/L                   | 0.004                              | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| endrin aldehido                                                  | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| heptacloro                                                       | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| heptacloro epoxido                                               | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| methoxychlor/metoxicloro                                         | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| toxaphene/toxafeno                                               | µg/L                   | 0.21                               | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| Bifenilos Policlorados                                           |                        |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| arochlor 1242                                                    | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| arochlor 1248                                                    | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| arochlor 1254                                                    | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| arochlor 1260                                                    | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| total PCB                                                        | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos                            |                        |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| naftalina                                                        | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| acenaphthylene/acenftalina                                       | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |

Tabla 2      Datos de la Calidad del Agua Marina y de Estuario (Junio 2008) (continuación)

|                                                                  |                        |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
|------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Cliente:                                                         | Golder Associates Ltd. | Criterio Ambiental<br>Seleccionado | Sitios Marinos                |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| Fecha de Descarga:                                               | 09/07/2008             |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| Proyecto Nombre:                                                 | Mina de Cobre Panamá   |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| Proyecto Número                                                  | 07-1334-0018-2120      |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| Muestras recibidas:                                              | 27/06/2008             |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| ID de la Muestra<br>CANTEST ID<br>Fecha de Muestreo<br>Parámetro | Unidades               |                                    | M1<br>806260234<br>18/06/2008 | M2-1<br>806260326<br>18/06/2008 | M2-2<br>806260328<br>18/06/2008 | M2-3<br>806260329<br>18/06/2008 | M3-1<br>806260330<br>19/06/2008 | M3-2<br>806260331<br>19/06/2008 | M3-3<br>806260332<br>19/06/2008 |
| quinolina                                                        | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| acenaphthene/acenaftalina                                        | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| fluoreno                                                         | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| phenanthrene/fenantreno                                          | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| anthracene/antraceno                                             | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| acridine/acridino                                                | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| total LMW-PAH's                                                  | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| fluoranthene/fluoranteno                                         | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| pyrene/pireno                                                    | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| benzo(a)antraceno                                                | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| criseno                                                          | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| benzo(b)fluoranthene/fluoranteno                                 | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| benzo(k)fluoranthene/fluoranteno                                 | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| benzo(a)pyrene/pireno                                            | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| indeno(1,2,3-cd)pyrene/pireno                                    | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| dibenz(a,h)antraceno                                             | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| benzo(g,h,i)peryleneperileno                                     | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| total HMW-PAH's                                                  | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| total PAH's                                                      | µg/L                   | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| Coliformes                                                       |                        |                                    |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| coliformes totales                                               | UFC/100mL              | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |
| coliformes fecales                                               | UFC/100mL              | -                                  | -                             | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               | -                               |

Tabla 2 Datos de la Calidad del Agua Marina y de Estuario (Junio 2008) (continuación)

|                                                                  |                        |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
|------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------|
| Cliente:                                                         | Golder Associates Ltd. | Criterio Ambiental<br>Seleccionado | Fuera del<br>Estuario del Río<br>Petaquilla | Fuera del<br>Estuario del Río<br>Caimito | Fuera del<br>Estuario del Río<br>Coclé del Norte | Dentro del<br>Estuario del Río<br>Petaquilla | Dentro del Estuario del<br>Río Caimito |                                  | Dentro del<br>Estuario del Río<br>Coclé del Norte |
| Fecha de Descarga:                                               | 09/07/2008             |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| Proyecto Nombre:                                                 | Mina de Cobre Panamá   |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| Proyecto Número                                                  | 07-1334-0018-2120      |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| Muestras recibidas:                                              | 27/06/2008             |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| ID de la Muestra<br>CANTEST ID<br>Fecha de Muestreo<br>Parámetro | Unidades               |                                    | M4<br>806260334<br>20/06/2008               | M5<br>806260333<br>19/06/2008            | M6<br>806260339<br>20/06/2008                    | ES-1<br>806260337<br>20/06/2008              | ES-2A<br>806260342<br>21/06/2008       | ES-2B<br>806260343<br>21/06/2008 | ES-3<br>806260340<br>20/06/2008                   |
| Parámetros Convencionales en el Agua                             |                        |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| pH, Laboratorio                                                  | pH units               | 7.0-8.7                            | 8.11                                        | 8.09                                     | 7.9                                              | 8.06                                         | 7.54                                   | 7.52                             | 7.67                                              |
| conductividad                                                    | uS/cm                  | -                                  | 59300                                       | 67000                                    | 34400                                            | 51200                                        | 7200                                   | 7270                             | 8910                                              |
| dureza                                                           | mg/L                   | -                                  | 7550                                        | 8280                                     | 4160                                             | 5990                                         | 697                                    | 674                              | 1080                                              |
| dureza (total)                                                   | mg/L                   | -                                  | 7550                                        | 7530                                     | 3930                                             | 5190                                         | 604                                    | 599                              | 749                                               |
| total sólidos disueltos                                          | mg/L                   | 35,000                             | 30600                                       | 31400                                    | 15200                                            | 26400                                        | 4170                                   | 3750                             | 5830                                              |
| total sólidos en suspensión                                      | mg/L                   | 50                                 | 5                                           | 5                                        | 23                                               | 7                                            | 2                                      | 1                                | 7                                                 |
| total alcalinidad                                                | mg/L                   | -                                  | 97.6                                        | 105                                      | 65.6                                             | 83.9                                         | 26.8                                   | 27                               | 36.6                                              |
| bicarbonato Alcalino                                             | mg/L                   | -                                  | 119                                         | 128                                      | 80                                               | 102                                          | 32.7                                   | 33                               | 44.6                                              |
| carbonato alcalino                                               | mg/L                   | -                                  | < 0.5                                       | < 0.5                                    | < 0.5                                            | < 0.5                                        | < 0.5                                  | < 0.5                            | < 0.5                                             |
| hidróxido alcalino                                               | mg/L                   | -                                  | < 0.5                                       | < 0.5                                    | < 0.5                                            | < 0.5                                        | < 0.5                                  | < 0.5                            | < 0.5                                             |
| fluoruro disuelto                                                | mg/L                   | 0.75                               | < 10                                        | < 10                                     | < 5                                              | < 10                                         | < 1.25                                 | < 1.25                           | < 1.25                                            |
| Cloruro disuelto                                                 | mg/L                   |                                    | 18800                                       | 20100                                    | 9890                                             | 15100                                        | 2080                                   | 2110                             | 2520                                              |
| nitrito y nitrito                                                | mg/L                   | -                                  | < 10                                        | < 10                                     | < 5                                              | < 10                                         | < 1.25                                 | < 1.25                           | < 1.25                                            |
| nitrito disuelto                                                 | mg/L                   | 0.4                                | < 10                                        | < 10                                     | < 5                                              | < 10                                         | < 1.25                                 | < 1.25                           | < 1.25                                            |
| nitrito                                                          | mg/L                   | 0.07                               | < 0.002                                     | < 0.002                                  | < 0.003                                          | < 0.002                                      | < 0.002                                | < 0.002                          | < 0.003                                           |
| sulfato disuelto                                                 | mg/L                   |                                    | 2600                                        | 2760                                     | 1400                                             | 1970                                         | 277                                    | 281                              | 351                                               |
| total BOD                                                        | mg/L                   |                                    | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | -                                      | -                                | -                                                 |
| demanda química de oxígeno                                       | mg/L                   | -                                  | 970                                         | 1210                                     | 67                                               | 588                                          | 50                                     | 50000                            | 50                                                |
| total aceite y grasa                                             | mg/L                   | 0.5                                | 3                                           | 3                                        | 3                                                | 4                                            | 3                                      | 3                                | 2                                                 |
| hidrocarburo aceite y grasa                                      | mg/L                   | 0.5                                | < 2                                         | < 2                                      | < 2                                              | < 2                                          | < 2                                    | < 2                              | < 2                                               |
| carbón orgánico disuelto                                         | mg/L                   | -                                  | 1.5                                         | 1.1                                      | 2                                                | 1.8                                          | 1.9                                    | 2.2                              | 1.4                                               |
| nitrógeno amoniacal                                              | mg/L                   | 0.04                               | 0.04                                        | 0.04                                     | 0.05                                             | 0.04                                         | 0.05                                   | 0.04                             | 0.06                                              |
| nitrógeno total Kjeldahl                                         | mg/L                   | -                                  | 0.2                                         | 0.7                                      | 0.3                                              | 0.2                                          | 0.3                                    | 0.4                              | 0.3                                               |
| nitrógeno total                                                  | mg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | -                                      | -                                | -                                                 |
| Nitrógeno total orgánico                                         | mg/L                   | -                                  | 0.2                                         | 0.7                                      | 0.2                                              | 0.2                                          | 0.2                                    | 0.4                              | 0.2                                               |

Tabla 2 Datos de la Calidad del Agua Marina y de Estuario (Junio 2008) (continuación)

| Cliente:                                                         | Golder Associates Ltd. | Criterio Ambiental<br>Seleccionado | Fuera del<br>Estuario del Río<br>Petaquilla | Fuera del<br>Estuario del Río<br>Caimito | Fuera del<br>Estuario del Río<br>Coclé del Norte | Dentro del<br>Estuario del Río<br>Petaquilla | Dentro del Estuario del<br>Río Caimito |                                  | Dentro del<br>Estuario del Río<br>Coclé del Norte |
|------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------|
| Fecha de Descarga:                                               | 09/07/2008             |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| Proyecto Nombre:                                                 | Mina de Cobre Panamá   |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| Proyecto Número                                                  | 07-1334-0018-2120      |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| Muestras recibidas:                                              | 27/06/2008             |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| ID de la Muestra<br>CANTEST ID<br>Fecha de Muestreo<br>Parámetro | Unidades               |                                    | M4<br>806260334<br>20/06/2008               | M5<br>806260333<br>19/06/2008            | M6<br>806260339<br>20/06/2008                    | ES-1<br>806260337<br>20/06/2008              | ES-2A<br>806260342<br>21/06/2008       | ES-2B<br>806260343<br>21/06/2008 | ES-3<br>806260340<br>20/06/2008                   |
| fenólicos totales                                                | mg/L                   |                                    | < 0.001                                     | < 0.001                                  | < 0.001                                          | < 0.001                                      | < 0.001                                | < 0.001                          | < 0.001                                           |
| cianuro total                                                    | mg/L                   | 0.001                              | < 0.01                                      | < 0.01                                   | < 0.01                                           | < 0.01                                       | < 0.01                                 | < 0.01                           | < 0.01                                            |
| cianuro, ácido débil disociado                                   | mg/L                   | -                                  | < 0.01                                      | < 0.01                                   | < 0.01                                           | < 0.01                                       | < 0.01                                 | < 0.01                           | < 0.01                                            |
| Análisis de Metales en el Agua                                   |                        |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| aluminio total                                                   | mg/L                   | 0.1                                | 0.044                                       | 0.026                                    | 0.44                                             | 0.043                                        | 0.065                                  | 0.065                            | 0.14                                              |
| antimonio total                                                  | mg/L                   | -                                  | < 0.001                                     | < 0.001                                  | < 0.001                                          | < 0.001                                      | < 0.001                                | < 0.001                          | < 0.001                                           |
| arsénico total                                                   | mg/L                   | 0.01                               | 0.006                                       | 0.007                                    | 0.004                                            | 0.004                                        | < 0.001                                | < 0.001                          | < 0.001                                           |
| bario total                                                      | mg/L                   | -                                  | 0.011                                       | 0.008                                    | 0.025                                            | 0.016                                        | 0.025                                  | 0.026                            | 0.029                                             |
| berilio total                                                    | mg/L                   |                                    | < 0.001                                     | < 0.001                                  | < 0.001                                          | < 0.001                                      | < 0.001                                | < 0.001                          | < 0.001                                           |
| bismuto total                                                    | mg/L                   | -                                  | < 0.001                                     | < 0.001                                  | < 0.001                                          | < 0.001                                      | < 0.001                                | < 0.001                          | < 0.001                                           |
| boro total                                                       | mg/L                   |                                    | 1.43                                        | 1.36                                     | 0.81                                             | 1.16                                         | 0.15                                   | 0.15                             | 0.2                                               |
| cadmio total                                                     | mg/L                   | 0.00012                            | < 0.0002                                    | < 0.0002                                 | < 0.0002                                         | < 0.0002                                     | < 0.0002                               | < 0.0002                         | < 0.0002                                          |
| calcio total                                                     | mg/L                   | -                                  | 359                                         | 366                                      | 200                                              | 232                                          | 33.9                                   | 35.4                             | 45.6                                              |
| calcio total                                                     | mg/L                   | -                                  | 354                                         | 388                                      | 189                                              | 247                                          | 37                                     | 37.4                             | 47                                                |
| cromo total                                                      | mg/L                   | 0.05                               | < 0.001                                     | < 0.001                                  | < 0.001                                          | < 0.001                                      | < 0.001                                | < 0.001                          | < 0.001                                           |
| cobalto total                                                    | mg/L                   |                                    | 0.001                                       | 0.001                                    | < 0.001                                          | 0.001                                        | < 0.001                                | < 0.001                          | < 0.001                                           |
| cobre total                                                      | mg/L                   | 0.005                              | 0.017                                       | 0.018                                    | 0.009                                            | 0.013                                        | 0.003                                  | 0.002                            | 0.002                                             |
| hierro total                                                     | mg/L                   |                                    | < 0.05                                      | < 0.05                                   | 0.39                                             | 0.06                                         | 0.23                                   | 0.23                             | 0.26                                              |
| plomo total                                                      | mg/L                   | 0.001                              | < 0.001                                     | < 0.001                                  | < 0.001                                          | < 0.001                                      | 0.006                                  | 0.004                            | < 0.001                                           |
| litio total                                                      | mg/L                   | -                                  | 0.13                                        | 0.14                                     | 0.072                                            | 0.083                                        | 0.011                                  | 0.011                            | 0.014                                             |
| magnesio total                                                   | mg/L                   | -                                  | 1110                                        | 1220                                     | 564                                              | 756                                          | 108                                    | 109                              | 134                                               |
| manganeso total                                                  | mg/L                   |                                    | 0.003                                       | < 0.001                                  | 0.036                                            | 0.016                                        | 0.036                                  | 0.037                            | 0.066                                             |
| mercurio total                                                   | mg/L                   | 0.0002                             | < 0.00002                                   | < 0.00002                                | < 0.00002                                        | < 0.00002                                    | < 0.00002                              | < 0.00002                        | < 0.00002                                         |
| molibdeno total                                                  | mg/L                   |                                    | 0.011                                       | 0.011                                    | 0.0059                                           | 0.0072                                       | 0.001                                  | 0.0009                           | 0.0011                                            |
| níquel total                                                     | mg/L                   | 0.025                              | 0.002                                       | 0.002                                    | < 0.001                                          | 0.001                                        | < 0.001                                | < 0.001                          | < 0.001                                           |
| fósforo total                                                    | mg/L                   |                                    | < 0.15                                      | < 0.15                                   | < 0.15                                           | < 0.15                                       | < 0.15                                 | < 0.15                           | < 0.15                                            |

Tabla 2 Datos de la Calidad del Agua Marina y de Estuario (Junio 2008) (continuación)

| Cliente:                                                         | Golder Associates Ltd. | Criterio Ambiental<br>Seleccionado | Fuera del<br>Estuario del Río<br>Petaquilla | Fuera del<br>Estuario del Río<br>Caimito | Fuera del<br>Estuario del Río<br>Coclé del Norte | Dentro del<br>Estuario del Río<br>Petaquilla | Dentro del Estuario del<br>Río Caimito |                                  | Dentro del<br>Estuario del Río<br>Coclé del Norte |
|------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------|
| Fecha de Descarga:                                               | 09/07/2008             |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| Proyecto Nombre:                                                 | Mina de Cobre Panamá   |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| Proyecto Número                                                  | 07-1334-0018-2120      |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| Muestras recibidas:                                              | 27/06/2008             |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| ID de la Muestra<br>CANTEST ID<br>Fecha de Muestreo<br>Parámetro | Unidades               |                                    | M4<br>806260334<br>20/06/2008               | M5<br>806260333<br>19/06/2008            | M6<br>806260339<br>20/06/2008                    | ES-1<br>806260337<br>20/06/2008              | ES-2A<br>806260342<br>21/06/2008       | ES-2B<br>806260343<br>21/06/2008 | ES-3<br>806260340<br>20/06/2008                   |
| potasio total                                                    | mg/L                   | -                                  | 319                                         | 362                                      | 153                                              | 204                                          | 31                                     | 31                               | 38                                                |
| selenio total                                                    | mg/L                   | 0.001                              | < 0.001                                     | < 0.001                                  | < 0.001                                          | < 0.001                                      | < 0.001                                | < 0.001                          | < 0.001                                           |
| silicio total                                                    | mg/L                   | -                                  | 1.4                                         | 0.8                                      | 7.7                                              | 3.6                                          | 9.3                                    | 9.5                              | 9.4                                               |
| plata total                                                      | mg/L                   |                                    | < 0.00025                                   | < 0.00025                                | < 0.00025                                        | < 0.00025                                    | < 0.00025                              | < 0.00025                        | < 0.00025                                         |
| sodio total                                                      | mg/L                   | -                                  | 8670                                        | 9490                                     | 4560                                             | 6090                                         | 848                                    | 849                              | 1030                                              |
| estroncio total                                                  | mg/L                   | -                                  | 7.89                                        | 7.88                                     | 4.19                                             | 5.21                                         | 0.65                                   | 0.65                             | 0.83                                              |
| telurio total                                                    | mg/L                   | -                                  | < 0.001                                     | < 0.001                                  | < 0.001                                          | < 0.001                                      | < 0.001                                | < 0.001                          | < 0.001                                           |
| talio total                                                      | mg/L                   | -                                  | < 0.0001                                    | < 0.0001                                 | < 0.0001                                         | < 0.0001                                     | < 0.0001                               | < 0.0001                         | < 0.0001                                          |
| torio total                                                      | mg/L                   | -                                  | < 0.0005                                    | < 0.0005                                 | < 0.0005                                         | < 0.0005                                     | < 0.0005                               | < 0.0005                         | < 0.0005                                          |
| estaño total                                                     | mg/L                   | -0.5                               | < 0.001                                     | < 0.001                                  | < 0.001                                          | < 0.001                                      | < 0.001                                | < 0.001                          | < 0.001                                           |
| titanio total                                                    | mg/L                   | -                                  | 0.004                                       | 0.002                                    | 0.007                                            | 0.001                                        | < 0.001                                | < 0.001                          | 0.003                                             |
| uranio total                                                     | mg/L                   |                                    | 0.0021                                      | 0.0021                                   | 0.0012                                           | 0.0014                                       | < 0.0005                               | < 0.0005                         | < 0.0005                                          |
| vanadio total                                                    | mg/L                   |                                    | 0.002                                       | 0.002                                    | 0.003                                            | 0.001                                        | < 0.001                                | < 0.001                          | 0.002                                             |
| zinc total                                                       | mg/L                   | 0.09                               | < 0.005                                     | < 0.005                                  | < 0.005                                          | < 0.005                                      | < 0.005                                | < 0.005                          | < 0.005                                           |
| zirconio total                                                   | mg/L                   | -                                  | < 0.01                                      | < 0.01                                   | < 0.01                                           | < 0.01                                       | < 0.01                                 | < 0.01                           | < 0.01                                            |
| aluminio disuelto                                                | mg/L                   | -                                  | 0.03                                        | 0.024                                    | 0.02                                             | 0.013                                        | 0.015                                  | 0.012                            | 0.009                                             |
| antimonio disuelto                                               | mg/L                   | -                                  | < 0.001                                     | < 0.001                                  | < 0.001                                          | < 0.001                                      | < 0.001                                | < 0.001                          | < 0.001                                           |
| arsénico disuelto                                                | mg/L                   | -                                  | 0.007                                       | 0.008                                    | 0.004                                            | 0.004                                        | < 0.001                                | < 0.001                          | 0.001                                             |
| bario disuelto                                                   | mg/L                   | -                                  | 0.01                                        | 0.008                                    | 0.022                                            | 0.013                                        | 0.026                                  | 0.026                            | 0.029                                             |
| berilio disuelto                                                 | mg/L                   | -                                  | < 0.001                                     | < 0.001                                  | < 0.001                                          | < 0.001                                      | < 0.001                                | < 0.001                          | < 0.001                                           |
| bismuto disuelto                                                 | mg/L                   | -                                  | < 0.001                                     | < 0.001                                  | < 0.001                                          | < 0.001                                      | < 0.001                                | < 0.001                          | < 0.001                                           |
| boro disuelto                                                    | mg/L                   | -                                  | 1.46                                        | 1.48                                     | 0.82                                             | 1.3                                          | 0.17                                   | 0.17                             | 0.25                                              |
| cadmio disuelto                                                  | mg/L                   | -                                  | < 0.0002                                    | < 0.0002                                 | < 0.0002                                         | < 0.0002                                     | < 0.0002                               | < 0.0002                         | < 0.0002                                          |
| calcio disuelto                                                  | mg/L                   | -                                  | 357                                         | 388                                      | 206                                              | 290                                          | 41.6                                   | 41.6                             | 60.5                                              |
| cromo disuelto                                                   | mg/L                   | -                                  | < 0.001                                     | < 0.001                                  | < 0.001                                          | < 0.001                                      | < 0.001                                | < 0.001                          | < 0.001                                           |
| cobalto disuelto                                                 | mg/L                   | -                                  | 0.002                                       | 0.004                                    | 0.004                                            | 0.003                                        | 0.003                                  | 0.003                            | 0.004                                             |

Tabla 2 Datos de la Calidad del Agua Marina y de Estuario (Junio 2008) (continuación)

| Cliente:                                                         | Golder Associates Ltd. | Criterio Ambiental<br>Seleccionado | Fuera del<br>Estuario del Río<br>Petaquilla | Fuera del<br>Estuario del Río<br>Caimito | Fuera del<br>Estuario del Río<br>Coclé del Norte | Dentro del<br>Estuario del Río<br>Petaquilla | Dentro del Estuario del<br>Río Caimito |                                  | Dentro del<br>Estuario del Río<br>Coclé del Norte |
|------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------|
| Fecha de Descarga:                                               | 09/07/2008             |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| Proyecto Nombre:                                                 | Mina de Cobre Panamá   |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| Proyecto Número                                                  | 07-1334-0018-2120      |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| Muestras recibidas:                                              | 27/06/2008             |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| ID de la Muestra<br>CANTEST ID<br>Fecha de Muestreo<br>Parámetro | Unidades               |                                    | M4<br>806260334<br>20/06/2008               | M5<br>806260333<br>19/06/2008            | M6<br>806260339<br>20/06/2008                    | ES-1<br>806260337<br>20/06/2008              | ES-2A<br>806260342<br>21/06/2008       | ES-2B<br>806260343<br>21/06/2008 | ES-3<br>806260340<br>20/06/2008                   |
| cobre disuelto                                                   | mg/L                   | -                                  | 0.015                                       | 0.019                                    | 0.01                                             | 0.014                                        | 0.002                                  | 0.002                            | 0.003                                             |
| hierro disuelto                                                  | mg/L                   | 0.05                               | < 0.05                                      | < 0.05                                   | < 0.05                                           | < 0.05                                       | < 0.05                                 | < 0.05                           | < 0.05                                            |
| plomo disuelto                                                   | mg/L                   | -                                  | < 0.001                                     | < 0.001                                  | < 0.001                                          | < 0.001                                      | < 0.001                                | < 0.001                          | < 0.001                                           |
| litio disuelto                                                   | mg/L                   | -                                  | 0.13                                        | 0.15                                     | 0.072                                            | 0.1                                          | 0.011                                  | 0.013                            | 0.018                                             |
| magnesio disuelto                                                | mg/L                   | -                                  | 1120                                        | 1220                                     | 620                                              | 900                                          | 123                                    | 123                              | 178                                               |
| manganeso disuelto                                               | mg/L                   | -                                  | 0.007                                       | 0.006                                    | 0.027                                            | 0.02                                         | 0.044                                  | 0.045                            | 0.071                                             |
| mercurio disuelto                                                | mg/L                   | -                                  | < 0.00002                                   | < 0.00002                                | < 0.00002                                        | < 0.00002                                    | < 0.00002                              | < 0.00002                        | < 0.00002                                         |
| molibdeno disuelto                                               | mg/L                   | -                                  | 0.011                                       | 0.013                                    | 0.006                                            | 0.0083                                       | 0.001                                  | 0.0011                           | 0.0016                                            |
| níquel disuelto                                                  | mg/L                   | -                                  | 0.002                                       | 0.002                                    | 0.001                                            | 0.001                                        | < 0.001                                | < 0.001                          | < 0.001                                           |
| fosforo disuelto                                                 | mg/L                   | -                                  | < 0.15                                      | < 0.15                                   | < 0.15                                           | < 0.15                                       | < 0.15                                 | < 0.15                           | < 0.15                                            |
| potasio disuelto                                                 | mg/L                   | -                                  | 319                                         | 356                                      | 167                                              | 254                                          | 35                                     | 34                               | 53                                                |
| selenio disuelto                                                 | mg/L                   | -                                  | < 0.001                                     | < 0.001                                  | < 0.001                                          | < 0.001                                      | < 0.001                                | < 0.001                          | < 0.001                                           |
| silicio disuelto                                                 | mg/L                   | -                                  | 1.3                                         | 0.8                                      | 6.7                                              | 2.8                                          | 9.5                                    | 9.5                              | 9.6                                               |
| plata disuelto                                                   | mg/L                   | -                                  | < 0.00025                                   | < 0.00025                                | < 0.00025                                        | < 0.00025                                    | < 0.00025                              | < 0.00025                        | < 0.00025                                         |
| sodio disuelto                                                   | mg/L                   | -                                  | 8710                                        | 9500                                     | 5010                                             | 7250                                         | 945                                    | 941                              | 1380                                              |
| estroncio disuelto                                               | mg/L                   | -                                  | 7.91                                        | 8.91                                     | 4.22                                             | 6.09                                         | 0.73                                   | 0.74                             | 1.09                                              |
| telurio disuelto                                                 | mg/L                   | -                                  | < 0.001                                     | < 0.001                                  | < 0.001                                          | < 0.001                                      | < 0.001                                | < 0.001                          | < 0.001                                           |
| talio disuelto                                                   | mg/L                   | -                                  | < 0.0001                                    | < 0.0001                                 | < 0.0001                                         | < 0.0001                                     | < 0.0001                               | < 0.0001                         | < 0.0001                                          |
| torio disuelto                                                   | mg/L                   | -                                  | < 0.0005                                    | < 0.0005                                 | < 0.0005                                         | < 0.0005                                     | < 0.0005                               | < 0.0005                         | < 0.0005                                          |
| estaño disuelto                                                  | mg/L                   | -                                  | < 0.001                                     | < 0.001                                  | < 0.001                                          | < 0.001                                      | < 0.001                                | < 0.001                          | < 0.001                                           |
| titanio disuelto                                                 | mg/L                   | -                                  | 0.001                                       | 0.002                                    | < 0.001                                          | < 0.001                                      | < 0.001                                | < 0.001                          | < 0.001                                           |
| uranio disuelto                                                  | mg/L                   | -                                  | 0.0021                                      | 0.0024                                   | 0.0011                                           | 0.0016                                       | < 0.0005                               | < 0.0005                         | < 0.0005                                          |
| vanadio disuelto                                                 | mg/L                   | -                                  | 0.001                                       | 0.002                                    | 0.002                                            | 0.001                                        | < 0.001                                | < 0.001                          | 0.001                                             |
| zinc disuelto                                                    | mg/L                   | -                                  | < 0.005                                     | < 0.005                                  | < 0.005                                          | < 0.005                                      | < 0.005                                | < 0.005                          | < 0.005                                           |
| zirconio disuelto                                                | mg/L                   | -                                  | < 0.01                                      | < 0.01                                   | < 0.01                                           | < 0.01                                       | < 0.01                                 | < 0.01                           | < 0.01                                            |



Tabla 2 Datos de la Calidad del Agua Marina y de Estuario (Junio 2008) (continuación)

|                                                                  |                        |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
|------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------|
| Cliente:                                                         | Golder Associates Ltd. | Criterio Ambiental<br>Seleccionado | Fuera del<br>Estuario del Río<br>Petaquilla | Fuera del<br>Estuario del Río<br>Caimito | Fuera del<br>Estuario del Río<br>Coclé del Norte | Dentro del<br>Estuario del Río<br>Petaquilla | Dentro del Estuario del<br>Río Caimito |                                  | Dentro del<br>Estuario del Río<br>Coclé del Norte |
| Fecha de Descarga:                                               | 09/07/2008             |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| Proyecto Nombre:                                                 | Mina de Cobre Panamá   |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| Proyecto Número                                                  | 07-1334-0018-2120      |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| Muestras recibidas:                                              | 27/06/2008             |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| ID de la Muestra<br>CANTEST ID<br>Fecha de Muestreo<br>Parámetro | Unidades               |                                    | M4<br>806260334<br>20/06/2008               | M5<br>806260333<br>19/06/2008            | M6<br>806260339<br>20/06/2008                    | ES-1<br>806260337<br>20/06/2008              | ES-2A<br>806260342<br>21/06/2008       | ES-2B<br>806260343<br>21/06/2008 | ES-3<br>806260340<br>20/06/2008                   |
| Herbicidas Ácido Clorado                                         |                        |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| bromoxynil/bromoxinilo                                           | µg/L                   | 30                                 | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.02                                 | 0.02                             | -                                                 |
| 2,4-D                                                            | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.4                                  | < 0.4                            | -                                                 |
| 2,4-DB                                                           | µg/L                   | 10                                 | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 1                                    | < 1                              | -                                                 |
| 2,4,5-T                                                          | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.1                                  | < 0.1                            | -                                                 |
| 2,4,5-TP                                                         | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.1                                  | < 0.1                            | -                                                 |
| dicamba                                                          | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.1                                  | < 0.1                            | -                                                 |
| MCPA                                                             | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.1                                  | < 0.1                            | -                                                 |
| MCPD                                                             | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.1                                  | < 0.1                            | -                                                 |
| picloram                                                         | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.1                                  | < 0.1                            | -                                                 |
| benceno                                                          | µg/L                   | 51                                 | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.1                                  | -                                | -                                                 |
| benceno de etilo/etílico                                         | µg/L                   | 25                                 | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.1                                  | -                                | -                                                 |
| tolueno                                                          | µg/L                   | 215                                | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.1                                  | -                                | -                                                 |
| xilenos                                                          | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.1                                  | -                                | -                                                 |
| estireno                                                         | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.1                                  | -                                | -                                                 |
| Hidrocarburos Aromáticos Monocíclicos-Extracción Metanol         |                        |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| hidrocarburos volátiles VHW6-10                                  | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 100                                  | -                                | -                                                 |
| VPHW                                                             | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 100                                  | -                                | -                                                 |
| Pesticidas Organoclorado                                         |                        |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| aldrin                                                           | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.01                                 | < 0.01                           | -                                                 |
| alpha-BHC                                                        | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.02                                 | < 0.02                           | -                                                 |
| beta-BHC                                                         | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.03                                 | < 0.03                           | -                                                 |
| delta-BHC                                                        | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.01                                 | < 0.01                           | -                                                 |
| gamma-BHC (Lindano)                                              | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.01                                 | < 0.01                           | -                                                 |
| alpha-Clordano                                                   | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.01                                 | < 0.01                           | -                                                 |
| gamma-Clordano                                                   | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.01                                 | < 0.01                           | -                                                 |

Tabla 2 Datos de la Calidad del Agua Marina y de Estuario (Junio 2008) (continuación)

| Cliente:                                                         | Golder Associates Ltd. | Criterio Ambiental<br>Seleccionado | Fuera del<br>Estuario del Río<br>Petaquilla | Fuera del<br>Estuario del Río<br>Caimito | Fuera del<br>Estuario del Río<br>Coclé del Norte | Dentro del<br>Estuario del Río<br>Petaquilla | Dentro del Estuario del<br>Río Caimito |                                  | Dentro del<br>Estuario del Río<br>Coclé del Norte |
|------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------|
| Fecha de Descarga:                                               | 09/07/2008             |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| Proyecto Nombre:                                                 | Mina de Cobre Panamá   |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| Proyecto Número                                                  | 07-1334-0018-2120      |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| Muestras recibidas:                                              | 27/06/2008             |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| ID de la Muestra<br>CANTEST ID<br>Fecha de Muestreo<br>Parámetro | Unidades               |                                    | M4<br>806260334<br>20/06/2008               | M5<br>806260333<br>19/06/2008            | M6<br>806260339<br>20/06/2008                    | ES-1<br>806260337<br>20/06/2008              | ES-2A<br>806260342<br>21/06/2008       | ES-2B<br>806260343<br>21/06/2008 | ES-3<br>806260340<br>20/06/2008                   |
| o,p-DDD                                                          | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.01                                 | < 0.01                           | -                                                 |
| p,p-DDD                                                          | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.03                                 | < 0.03                           | -                                                 |
| o,p-DDE                                                          | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.01                                 | < 0.01                           | -                                                 |
| p,p-DDE                                                          | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.01                                 | < 0.01                           | -                                                 |
| o,p-DDT                                                          | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.01                                 | < 0.01                           | -                                                 |
| p,p-DDT                                                          | µg/L                   | 0.001                              | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.01                                 | < 0.01                           | -                                                 |
| dieldrin                                                         | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.02                                 | < 0.02                           | -                                                 |
| endosulfan i                                                     | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.01                                 | < 0.01                           | -                                                 |
| endosulfan ii                                                    | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.02                                 | < 0.02                           | -                                                 |
| endosulfan sulfato                                               | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.02                                 | < 0.02                           | -                                                 |
| endrin                                                           | µg/L                   | 0.004                              | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.02                                 | < 0.02                           | -                                                 |
| endrin aldehido                                                  | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.05                                 | < 0.05                           | -                                                 |
| heptacloro                                                       | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.02                                 | < 0.02                           | -                                                 |
| heptacloro epoxido                                               | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.01                                 | < 0.01                           | -                                                 |
| methoxychlor/metoxicloro                                         | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.04                                 | < 0.04                           | -                                                 |
| toxaphene/toxafeno                                               | µg/L                   | 0.21                               | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.08                                 | < 0.08                           | -                                                 |
| Bifenilos Policlorados                                           |                        |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| arochlor 1242                                                    | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.1                                  | < 0.1                            | -                                                 |
| arochlor 1248                                                    | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.1                                  | < 0.1                            | -                                                 |
| arochlor 1254                                                    | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.1                                  | < 0.1                            | -                                                 |
| arochlor 1260                                                    | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.1                                  | < 0.1                            | -                                                 |
| total PCB                                                        | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.4                                  | < 0.4                            | -                                                 |
| Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos                            |                        |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| naftalina                                                        | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.3                                  | 0.6                              | -                                                 |
| acenaphthylene/acenftalina                                       | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.1                                  | < 0.1                            | -                                                 |
| quinolina                                                        | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.5                                  | < 0.5                            | -                                                 |

Tabla 2 Datos de la Calidad del Agua Marina y de Estuario (Junio 2008) (continuación)

|                                                                  |                        |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
|------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------|
| Cliente:                                                         | Golder Associates Ltd. | Criterio Ambiental<br>Seleccionado | Fuera del<br>Estuario del Río<br>Petaquilla | Fuera del<br>Estuario del Río<br>Caimito | Fuera del<br>Estuario del Río<br>Coclé del Norte | Dentro del<br>Estuario del Río<br>Petaquilla | Dentro del Estuario del<br>Río Caimito |                                  | Dentro del<br>Estuario del Río<br>Coclé del Norte |
| Fecha de Descarga:                                               | 09/07/2008             |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| Proyecto Nombre:                                                 | Mina de Cobre Panamá   |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| Proyecto Número                                                  | 07-1334-0018-2120      |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| Muestras recibidas:                                              | 27/06/2008             |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| ID de la Muestra<br>CANTEST ID<br>Fecha de Muestreo<br>Parámetro | Unidades               |                                    | M4<br>806260334<br>20/06/2008               | M5<br>806260333<br>19/06/2008            | M6<br>806260339<br>20/06/2008                    | ES-1<br>806260337<br>20/06/2008              | ES-2A<br>806260342<br>21/06/2008       | ES-2B<br>806260343<br>21/06/2008 | ES-3<br>806260340<br>20/06/2008                   |
| acenaphthene/acenaftalina                                        | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.1                                  | < 0.1                            | -                                                 |
| fluoreno                                                         | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.05                                 | < 0.05                           | -                                                 |
| phenanthrene/fenantreno                                          | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.05                                 | 0.92                             | -                                                 |
| anthracene/antraceno                                             | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.01                                 | < 0.01                           | -                                                 |
| acridine/acridino                                                | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.05                                 | < 0.05                           | -                                                 |
| total LMW-PAH's                                                  | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | -                                      | 1.52                             | -                                                 |
| fluoranthene/fluoranteno                                         | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.04                                 | < 0.04                           | -                                                 |
| pyrene/pireno                                                    | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.02                                 | 0.94                             | -                                                 |
| benzo(a)antraceno                                                | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.01                                 | < 0.01                           | -                                                 |
| criseno                                                          | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.01                                 | < 0.01                           | -                                                 |
| benzo(b)fluoranthene/fluoranteno                                 | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.01                                 | < 0.01                           | -                                                 |
| benzo(k)fluoranthene/fluoranteno                                 | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.01                                 | < 0.01                           | -                                                 |
| benzo(a)pyrene/pireno                                            | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.01                                 | < 0.01                           | -                                                 |
| indeno(1,2,3-cd)pyrene/pireno                                    | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.01                                 | < 0.01                           | -                                                 |
| dibenz(a,h)antraceno                                             | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.01                                 | < 0.01                           | -                                                 |
| benzo(g,h,i)peryleneperileno                                     | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | < 0.01                                 | < 0.01                           | -                                                 |
| total HMW-PAH's                                                  | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | -                                      | 0.94                             | -                                                 |
| total PAH's                                                      | µg/L                   | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | -                                      | 2.46                             | -                                                 |
| Coliformes                                                       |                        |                                    |                                             |                                          |                                                  |                                              |                                        |                                  |                                                   |
| coliformes totales                                               | UFC/100mL              | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | -                                      | -                                | -                                                 |
| coliformes fecales                                               | UFC/100mL              | -                                  | -                                           | -                                        | -                                                | -                                            | -                                      | -                                | -                                                 |

Notas: µg/L = microgramos por litro; µS/cm = micro Siemens por centímetro; mg/L = miligramos por litro; m = metros; < = menor que; > = mayor que; - = sin medir. Valores en negritas y sombreados son mayores que los del criterio ambiental seleccionado (Sección 3.4.5 del EIAS).

**ANEXO VII**

**APÉNDICE C**

**RESULTADOS DE LA CALIDAD DE LOS SEDIMENTOS**

**Tabla 1 Resultados del Análisis de Calidad de los Sedimentos Marinos  
(Concentraciones en Microgramos por Gramo)**

| Parámetro de Calidad de Sedimentos | Marino 1    | Marino 2    | Marino 3    | Marino 4    | Límite de Detección |
|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|
| aluminio                           | 11,600      | 13,200      | 12,900      | 7,910       | 10                  |
| antimonio                          | <           | <           | <           | <           | 0.1                 |
| arsénico                           | <b>34.5</b> | <b>46.1</b> | <b>34.2</b> | <b>18.7</b> | 0.1                 |
| bario                              | 7           | 7           | 7           | 6           | 1                   |
| berilio                            | <           | <           | <           | <           | 1                   |
| boro                               | 19          | 23          | 21          | 15          | 1                   |
| cadmio                             | <           | <           | <           | <           | 0.2                 |
| calcio                             | 19,500      | 24,100      | 17,800      | 16,600      | 1                   |
| cromo                              | 22          | 24          | 24          | 23          | 2                   |
| cobalto                            | 18          | 20          | 20          | 13          | 1                   |
| cobre                              | 14          | 18          | 18          | 12          | 1                   |
| hierro                             | 32,900      | 34,600      | 34,200      | 28,600      | 2                   |
| plomo                              | 1.9         | 2.1         | 2.2         | 1.6         | 0.2                 |
| magnesio                           | 11,700      | 14,100      | 12,300      | 7,830       | 1                   |
| manganeso                          | 591         | 646         | 546         | 449         | 1                   |
| mercurio                           | 0.02        | 0.02        | 0.02        | 0.01        | 0.01                |
| molibdeno                          | 0.5         | 0.5         | 0.4         | 0.3         | 0.1                 |
| níquel                             | 11          | 13          | 12          | 8           | 2                   |
| fósforo                            | 214         | 242         | 237         | 173         | 20                  |
| potasio                            | 550         | 602         | 596         | 449         | 1                   |
| selenio                            | 0.2         | 0.3         | <           | <           | 0.2                 |
| plata                              | <           | <           | <           | <           | 0.1                 |
| sodio                              | 2,770       | 3,410       | 3,090       | 2,540       | 5                   |
| estroncio                          | 177         | 220         | 175         | 142         | 1                   |
| talio                              | <           | <           | <           | <           | 0.1                 |
| estaño                             | <           | <           | <           | <           | 5                   |
| titanio                            | 347         | 306         | 326         | 494         | 1                   |
| vanadio                            | 84          | 84          | 89          | 106         | 1                   |
| zinc                               | 57          | 64          | 64          | 44          | 1                   |
| Zirconio                           | 4           | 4           | 4           | 3           | 1                   |

Nota: µg/g = microgramos por gramo; < = menor que.

Los valores en negrilla y sombreados son mayores que los del criterio ambiental seleccionado (Sección 3.4.5 del EsIA).

Tabla 2 Datos de Calidad de los Sedimentos de los Estuarios

| Cliente:                                   | Golder Associates Ltd. | Sitios de Muestreo de Sedimentos del Estuario                            |                                                                 |                                                               |                                                             |                                                               |                                                              |
|--------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Fecha de Descarga                          | 08/07/2008             |                                                                          |                                                                 |                                                               |                                                             |                                                               |                                                              |
| Nombre Proyecto:                           | Mina de Cobre Panamá   | Lado Tierra Adentro de la Bahía-de la Desembocadura, Río Coclé del Norte | Lado Hacia el Mar de la Bahía-Desembocadura Río Coclé del Norte | Lado Tierra Adentro de la Bahía-Desembocadura, Río Petaquilla | Lado Hacia el Mar de la Bahía-Desembocadura, Río Petaquilla | Lado Tierra Adentro de la Bahía-Desembocadura de, Río Caimito | Lado Hacia el Mar de la Bahía- Desembocadura de, Río Caimito |
| Project Número:                            | 07-1334-0018 (2120)    |                                                                          |                                                                 |                                                               |                                                             |                                                               |                                                              |
| Muestras recibidas:                        | 26/06/2008             |                                                                          |                                                                 |                                                               |                                                             |                                                               |                                                              |
| ID de la Muestra                           |                        | Coclé del Norte Interior                                                 | Coclé del Norte Exterior                                        | Petaquilla Interior                                           | Petaquilla Exterior                                         | Caimito Interior                                              | Caimito Exterior                                             |
| CANTEST ID                                 |                        | 806260388                                                                | 806260391                                                       | 806260392                                                     | 806260393                                                   | 806260395                                                     | 806260396                                                    |
| Fecha de Muestreo                          |                        | 20/06/2008                                                               | 20/06/2008                                                      | 20/06/2008                                                    | 20/06/2008                                                  | 20/06/2008                                                    | 20/06/2008                                                   |
| Parámetro                                  | Unidades               |                                                                          |                                                                 |                                                               |                                                             |                                                               |                                                              |
| Parámetro Convencional en Suelos           |                        |                                                                          |                                                                 |                                                               |                                                             |                                                               |                                                              |
| pH                                         | Unidad de pH           | 7.4                                                                      | 7.2                                                             | 8.3                                                           | 7.5                                                         | 7.7                                                           | 7.9                                                          |
| total de cianuro                           | µg/g                   | -                                                                        | -                                                               | -                                                             | -                                                           | < 0.15                                                        | -                                                            |
| humedad                                    | %                      | -                                                                        | -                                                               | -                                                             | -                                                           | 23                                                            | -                                                            |
| Metales Solubles en Ácido Fuerte en suelos |                        |                                                                          |                                                                 |                                                               |                                                             |                                                               |                                                              |
| aluminio                                   | µg/g                   | 6,750                                                                    | 4,030                                                           | 6,520                                                         | 5,110                                                       | 7,080                                                         | 5,130                                                        |
| antimonio                                  | µg/g                   | < 10                                                                     | < 10                                                            | < 10                                                          | < 10                                                        | < 10                                                          | < 10                                                         |
| arsénico                                   | µg/g                   | < 10                                                                     | < 10                                                            | 14                                                            | 13                                                          | 13                                                            | 11                                                           |
| bario                                      | µg/g                   | 7                                                                        | 5                                                               | 5                                                             | 4                                                           | 8                                                             | 4                                                            |
| berilio                                    | µg/g                   | < 1                                                                      | < 1                                                             | < 1                                                           | < 1                                                         | < 1                                                           | < 1                                                          |
| boro                                       | µg/g                   | < 1                                                                      | < 1                                                             | < 1                                                           | < 1                                                         | < 1                                                           | < 1                                                          |
| cadmio                                     | µg/g                   | < 0.5                                                                    | < 0.5                                                           | < 0.5                                                         | < 0.5                                                       | < 0.5                                                         | < 0.5                                                        |
| calcio                                     | µg/g                   | 6,910                                                                    | 3,440                                                           | 16,500                                                        | 12,500                                                      | 13,600                                                        | 8,560                                                        |
| cromo                                      | µg/g                   | 34                                                                       | 38                                                              | 16                                                            | 8                                                           | 17                                                            | 9                                                            |
| cobalto                                    | µg/g                   | 15                                                                       | 15                                                              | 10                                                            | 6                                                           | 11                                                            | 6                                                            |
| cobre                                      | µg/g                   | 10                                                                       | 8                                                               | 9                                                             | 6                                                           | 9                                                             | 7                                                            |
| hierro                                     | µg/g                   | 38,600                                                                   | 46,000                                                          | 23,500                                                        | 11,300                                                      | 23,600                                                        | 12,800                                                       |
| plomo                                      | µg/g                   | < 5                                                                      | 6                                                               | < 5                                                           | < 5                                                         | < 5                                                           | < 5                                                          |
| magnesio                                   | µg/g                   | 5,460                                                                    | 3,010                                                           | 5,940                                                         | 4,440                                                       | 6,230                                                         | 3,780                                                        |
| manganeso                                  | µg/g                   | 485                                                                      | 449                                                             | 444                                                           | 301                                                         | 400                                                           | 251                                                          |
| mercurio                                   | µg/g                   | < 0.01                                                                   | < 0.01                                                          | < 0.01                                                        | < 0.01                                                      | < 0.01                                                        | < 0.01                                                       |
| molibdeno                                  | µg/g                   | < 4                                                                      | < 4                                                             | < 4                                                           | < 4                                                         | < 4                                                           | < 4                                                          |
| níquel                                     | µg/g                   | 9                                                                        | 8                                                               | 6                                                             | 4                                                           | 6                                                             | 3                                                            |
| fósforo                                    | µg/g                   | 139                                                                      | 96                                                              | 120                                                           | 101                                                         | 149                                                           | 120                                                          |

Tabla 2 Datos de Calidad de los Sedimentos de los Estuarios (continuación)

| Cliente:                                                  | Golder Associates Ltd. | Sitios de Muestreo de Sedimentos del Estuario                            |                                                                 |                                                               |                                                             |                                                               |                                                              |
|-----------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Fecha de Descarga                                         | 08/07/2008             |                                                                          |                                                                 |                                                               |                                                             |                                                               |                                                              |
| Nombre Proyecto:                                          | Mina de Cobre Panamá   | Lado Tierra Adentro de la Bahía-de la Desembocadura, Río Coclé del Norte | Lado Hacia el Mar de la Bahía-Desembocadura Río Coclé del Norte | Lado Tierra Adentro de la Bahía-Desembocadura, Río Petaquilla | Lado Hacia el Mar de la Bahía-Desembocadura, Río Petaquilla | Lado Tierra Adentro de la Bahía-Desembocadura de, Río Caimito | Lado Hacia el Mar de la Bahía- Desembocadura de, Río Caimito |
| Project Número:                                           | 07-1334-0018 (2120)    |                                                                          |                                                                 |                                                               |                                                             |                                                               |                                                              |
| Muestras recibidas:                                       | 26/06/2008             |                                                                          |                                                                 |                                                               |                                                             |                                                               |                                                              |
| ID de la Muestra                                          |                        | Coclé del Norte Interior                                                 | Coclé del Norte Exterior                                        | Petaquilla Interior                                           | Petaquilla Exterior                                         | Caimito Interior                                              | Caimito Exterior                                             |
| CANTEST ID                                                |                        | 806260388                                                                | 806260391                                                       | 806260392                                                     | 806260393                                                   | 806260395                                                     | 806260396                                                    |
| Fecha de Muestreo                                         |                        | 20/06/2008                                                               | 20/06/2008                                                      | 20/06/2008                                                    | 20/06/2008                                                  | 20/06/2008                                                    | 20/06/2008                                                   |
| Parámetro                                                 | Unidades               |                                                                          |                                                                 |                                                               |                                                             |                                                               |                                                              |
| potasio                                                   | µg/g                   | 333                                                                      | 325                                                             | 357                                                           | 291                                                         | 476                                                           | 277                                                          |
| selenio                                                   | µg/g                   | < 2                                                                      | < 2                                                             | < 2                                                           | < 2                                                         | < 2                                                           | < 2                                                          |
| plata                                                     | µg/g                   | < 2                                                                      | < 2                                                             | < 2                                                           | < 2                                                         | < 2                                                           | < 2                                                          |
| sodio                                                     | µg/g                   | 339                                                                      | 985                                                             | 358                                                           | 596                                                         | 516                                                           | 568                                                          |
| estroncio                                                 | µg/g                   | 42                                                                       | 21                                                              | 107                                                           | 80                                                          | 100                                                           | 65                                                           |
| estaño                                                    | µg/g                   | < 5                                                                      | < 5                                                             | < 5                                                           | < 5                                                         | < 5                                                           | < 5                                                          |
| titanio                                                   | µg/g                   | 1,320                                                                    | 2,020                                                           | 523                                                           | 204                                                         | 474                                                           | 216                                                          |
| vanadio                                                   | µg/g                   | 179                                                                      | 251                                                             | 84                                                            | 26                                                          | 75                                                            | 33                                                           |
| zinc                                                      | µg/g                   | 63                                                                       | 74                                                              | 37                                                            | 23                                                          | 39                                                            | 22                                                           |
| zirconio                                                  | µg/g                   | 6                                                                        | 5                                                               | 4                                                             | 3                                                           | 3                                                             | 3                                                            |
| Hidrocarburos Aromáticos Monocíclicos- Extracción Metanol |                        |                                                                          |                                                                 |                                                               |                                                             |                                                               |                                                              |
| benceno                                                   | µg/g                   | -                                                                        | -                                                               | -                                                             | -                                                           | < 0.03                                                        | -                                                            |
| benceno de etilo/etílico                                  | µg/g                   | -                                                                        | -                                                               | -                                                             | -                                                           | < 0.03                                                        | -                                                            |
| tolueno                                                   | µg/g                   | -                                                                        | -                                                               | -                                                             | -                                                           | < 0.03                                                        | -                                                            |
| xilenos                                                   | µg/g                   | -                                                                        | -                                                               | -                                                             | -                                                           | < 0.03                                                        | -                                                            |

Notas: µg/L = microgramos por litro; µS/cm = micro Siemens por centímetro; m = metro; mg/L = miligramos por litro; < = menor que; > = mayor que; - = sin medir.  
Los valores en negrilla y sombreados son mayores que los del criterio ambiental seleccionado (Sección 3.4.5 del EsIA).